青海畜牧兽医杂志 （双月刊） 2025 年第 55 卷第 4 期(总第 298 期)

目　　录

~试验研究~

基于熵权法评估红景天多糖对巴克夏猪在高原环境下健康指标的调控作用 … 罗丹丹,罗金婷,罗　璇,王　磊,吴国芳(01)

2022—2024 年海北藏族自治州小反刍兽疫监测数据分析 …… 马金林,阿积学,孙培培,郑思思,郑孟加,陈　峰(08)

抗菌肽饲料添加剂对肉鸡生产性能影响的 Meta 分析 …… 黄伟华,孙　武,金夏阳,马世科(11)

在饲粮中添加当归茎叶粉对肉羊生长性能、肉品质及经济效益的影响 …… 盛　恒(17)

~调查报告~

青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖的自动化、智能化情况调研报告 ……

…… 郝文君,宋啟珠,张莲芳,郭继军,卫世腾,洛藏旦增,余　玮,丁海媛(21)

肃州区牛隐孢子虫感染情况调查与分析 …… 王剑峰,李建华,张建明(24)

~专论与综述~

乙酰氨基阿维菌素的研究与进展 …… 马豆豆,李春花,林伟山,韩　元,雷萌桐(27)

基于学科前沿与创新能力培养的动物遗传学课程教学改革探索 …… 张军霞, 包高良(36)

划破草皮对草地的影响研究进展 …… 刘辰鹏,朱进辉,王晓丽,刘兴菊,马　源,马玉寿,赵新全(41)

一年生禾本科饲草再生性研究进展 …… 加羊吉,蒲小剑,赵媛媛,王　伟,张海英,孙　浩,薛凤娟,徐成体(49)

~经验交流~

互助县海东鸡种质资源现状及保种利用思考 …… 何得仓(58)

贵南黑藏羊体内外寄生虫病高效低残留防治技术验证 ……

…… 王小红,李春花,雷萌桐,蔡进忠,韩　元,马豆豆,李　昕,旦正才旦,孙　建,陈光英,芦晓莉(60)

高寒牧区羊腐蹄病防治方法对比试验探讨 …… 张景烜,文亚洲,赵浴君(63)

布鲁氏菌病浅析 …… 郭强强,杨彩虹(65)

~牧医简报~

祁连县牦牛病毒性腹泻病诊断与防控 …… 汪燕昌,才仁措,康海燕,万玛吉,白有明,丁福英(68)

一例架子猪左侧阴囊疝的诊治及体会 …… 向永仙(70)

~动态与信息~

《青海畜牧兽医杂志》约稿启事 …… (72)

西宁湟中 …… 李振广(封面)

本期责任编辑:胡　蓉　张　燕

[期刊基本参数] CN 63-1020/S * 1971 * b * A4 * 72 * zh * P * ￥5.00 * 1900 * 17 * 2024-08

CHINESE QINGHAI JOURNAL OF ANIMAL AND VETERINARY SCIENCES

Volume 55 Aug. 8 Number 4 2025 Tot. No. 298

Contents

Evaluation of the Regulatory Effect of Rhodiola Polysaccharides on Health Indicators of Berkshire Pigs in High – altitude Environments Based on Entropy Weight Method ..... LUO Dandan, LUO Jinting, LUO Xuan, WANG Lei, WU Guofang(01)

Analysis of Small Ruminant Brucellosis Surveillance Data in Haibei Tibetan Autonomous Prefecture from 2022 to 2024 ..... MA Jinlin, A Jixue, SUN Peipei, ZHENG Sisi, ZHENG Mengjia, CHEN Feng(08)

Meta – analysis of the Effects of Antimicrobial Peptide Feed Additives on the Performance of Broilers ..... HUANG Weihua, SUN Wu, JIN Xiayang, MA Shike(11)

Effects of Adding Angelica Sinensis Stem and Leaf Powder on the Growth Performance, Meat Quality, and Economic Benefits of Meat Sheep ..... SHENG Heng(17)

试 验 研 究

基于熵权法评估红景天多糖对巴克夏猪在高原环境下健康指标的调控作用

罗丹丹[1,3,4],罗金婷[1,3,4],罗 璇[1,3,4],王 磊[1,2],吴国芳[1,3,4*]

(1. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016;
2. 青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室,青海 西宁 810016;
3. 青海省高原家畜遗传资源保护与创新利用重点实验室,青海 西宁 810016;
4. 农业农村部青藏高原畜禽遗传育种重点实验室,青海 西宁 810016)

摘 要:本文通过熵权法(Entropy Weight Method, EWM)研究红景天多糖(Rhodiola polysaccharide, RDP)在高原环境下对巴克夏猪健康稳态的影响。本研究构建了一个包含“三个维度”和 23 项指标的综合评价体系,并以此对200 mg/kg RDP 饲喂 30 d 后的健康改善效果进行了分析。结果表明,RDP 显著提高了血液生化健康评分(增加 27.3%,$P=0.023$),血清 ALT、AST 和 CK 等组织损伤标志物显著降低($P<0.05$)。虽然体重健康评分与血液生理评分未达到显著性水平,但呈改善趋势。综上所述,RDP 可能通过调节能量代谢和氧化应激,改善巴克夏猪在高原环境中的健康状态。

关键词:熵权法;红景天多糖;高原适应;巴克夏猪;健康指标

中图分类号:S812.6 **文献标识码**:B **文章编号**:1003-7950(2025)04-0001-08

Evaluation of the Regulatory Effect of Rhodiola Polysaccharides on Health Indicators of Berkshire Pigs in High-altitude Environments Based on Entropy Weight Method

LUO Dandan[1,3,4], LUO Jinting[1,3,4], LUO Xuan[1,3,4],
WANG Lei[1,2], WU Guofang[1,3,4*]

(1. Academy of Animal Science and Veterinary, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Key Laboratory of Plateau Livestock Nutrition and Feed Science of Qinghai Province, Xining 810016, China; 3. Plateau Livestock Genetic Resources Protection and lnnovative Utilization Key Laboratory of Qinghai Province, Xining 810016, China; 4. Key Laboratory of Livestock and Poultry Genetics and Breeding on the Tibetan Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xining 810016, China)

Abstract: This study applied the Entropy Weight Method (EWM) to evaluate the effect of Rhodiola polysaccharide (RDP) on the health homeostasis of Berkshire pigs in plateau environments. A comprehensive evaluation system including three dimensions and 23 indicators was constructed to analyze the health improvement effects after feeding 200 mg/kg RDP for 30 days. The results showed that RDP significantly increased the blood biochemical health score by 27.3% ($P=0.023$), and significantly reduced serum tissue damage markers such as ALT, AST and CK ($P<0.05$). Although the body weight health score and blood physiological score did not reach statistical significance, they showed a trend of improvement. In conclusion, RDP may improve the health status of Berkshire

收稿日期:2025-03-14
基金项目:青海省自然基金应用基础研究(2022-ZJ-752)
作者简介:罗丹丹(1998-),硕士研究生,主要从事畜牧研究。E-mail: 845602243@qq.com
通信作者:吴国芳(1983-),博士研究生,研究员,硕士研究生导师,主要从事地方猪种遗传资源保护及利用研究。
E-mail: qhdxwuguofang@126.com

pigs in plateau environments by regulating energy metabolism and oxidative stress.

Key words: Entropy weight method; Rhodiola polysaccharide; Plateau adaptation; Berkshire pigs; Health indicators

在高原畜牧业的产业化进程中,引种动物面临低氧分压、慢性氧化应激等适应性障碍,这些问题已成为产业升级的关键瓶颈。低氧和寒冷应激对猪的免疫系统产生负面影响,抑制免疫增殖与活化,减少细胞因子和抗体的分泌,降低免疫细胞的活性,从而使得机体对病原体的防御能力下降,增加了猪感染各种疾病的风险[1]。巴克夏猪作为优质瘦肉型猪,具有较强的抗逆性和耐粗饲性,常作为终端父本使用[2]。红景天多糖是高原草本植物红景天的提取物,具有显著的抗氧化、免疫调节及改善代谢等生物活性[3-4],研究表明,红景天苷对移居高原的小鼠心脏具有保护作用[5],红景天多糖可明显提升血红细胞数量并增强免疫力[6-7]。因此,本研究采用红景天多糖作为缓解巴克夏猪高原反应的添加剂。

本研究通过熵权法评估巴克夏猪健康状态。熵权法是一种基于信息熵的多指标评价方法,通过数据的离散程度为各指标赋予权重,避免人为干扰,能够更客观、科学地进行评估[8]。此外,熵权法能够多维度综合评价猪的健康状况,涵盖血液生化、生理等多个方面,克服了单一指标评价的局限性。未来的研究可进一步探讨红景天多糖调节代谢的分子靶点和信号通路,深入理解其对抗高原环境影响猪健康的机制,同时,熵权法在高原畜牧健康评价中的应用也有待进一步优化,为高原畜牧业提供理论支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验使用的红景天多糖由西安青芷生物技术有限公司提供。

1.2　试验设计与动物管理

将巴克夏猪从湖北省孝感市引至青海省海东市互助土族自治县。选取健康状况良好、未出现异常行为及病理特征的巴克夏猪 16 头,将其随机分为两组,对照组(CK 组)饲喂基础日粮,试验组(LH 组)饲喂基础日粮 + RDP(200 mg/kg),日粮成分及营养水平见表 1。试验周期为 30 d,猪只饲养于隔离舍内,每日定时饮水、饲喂、记录采食量并清理圈舍。

表 1　基础饲粮组成及营养水平

原料组成/%	组成	营养水平②	12.56
玉米	67.00	消化能(MJ/kg)	13.80
豆粕	17.50	粗蛋白	14.10
麸皮	9.60	钙	0.57
大豆油	2.50	总磷	0.44
磷酸氢钙	1.80		
石粉	0.30		
食盐	0.30		
预混料①	1.00		
总计	100		

注:1. 预混料①为每千克饲料提供:维生素 A 4 000 IU,维生素 D_3 800 IU,维生素 E 30 IU,维生素 K_3 1.5 mg,维生素 B_1 1.2 mg,维生素 B_2 3.0 mg,维生素 B_6 2.0 mg,烟酸 20 mg,泛酸 12 mg,叶酸 0.3 mg,维生素 B_{12} 0.02 mg,生物素 0.1 mg 等;2. 营养水平②消化能为计算值,其余营养水平为实测值。

1.3　样品采集及处理

为检测红景天多糖对巴克夏猪在高原环境下治疗效果的时间变化趋势,分别在试验第 0 d、第 14 d 和第 30 d,根据国际标准化组织(ISO)的建议,减少饲料残留的影响,试验猪只空腹 12 h 后,前腔静脉采集两份血样,一份存于抗凝采血管中(检测生理指标),避免振荡摇晃;另一份存于促凝采血管中(检测生化指标),及时送至医院血液科检测生理生化指标。

1.4　评价指标体系的构建

本研究围绕红景天多糖对巴克夏猪高原引种后健康指标的影响构建多维度评价体系。基于生长性能与血液生理指标方面,密切监测 ADG、ADFI、F/G、红细胞及白细胞相关参数等,以此分析巴克夏猪在高原环境下的生长及免疫状况变化,包括谷丙转氨酶、谷草转氨酶等,依据 8 项评价指标

剖析红景天多糖对巴克夏猪抵达高原后的作用效果。

1.4.1 ADG 在高原环境中,猪面临低氧、低温、强紫外线等不利因素,这些因素会对猪的食欲、消化吸收功能及新陈代谢速率产生影响,进而改变其生长速度[9]。在实际生产中,生长速度快、平均日增重高,通常意味着猪的健康状况更佳,故将其归为正向指标。

1.4.2 ADFI 高原环境会导致猪的食欲减退或采食行为改变。在高原地区,由于缺氧引发呼吸加快、身体不适等,猪的采食量会减少。采食量减少往往说明猪的健康状况欠佳,因此,本研究将较高平均日采食量归为正向指标。

1.4.3 F/G 料重比反映猪对饲料的吸收利用效率,若 F/G 升高,表明猪为获得相同的体重增长需消耗更多饲料,暗示猪的健康和生长性能受到了环境的负面影响,故将 F/G 归为负向指标。

1.4.4 白细胞相关指标 白细胞相关指标(白细胞 WBC、中性粒细胞 NE、单核细胞 MO 和嗜酸性粒细胞 EO):在高原环境下,白细胞数目在相对范围内升高对机体具有一定的好处[5]。当机体处于高原环境时,免疫系统面临着巨大的挑战,白细胞数目的增加意味着机体能够动员更多的免疫细胞参与防御反应。因此,将 WBC、NE、MO 和 EO 指标归为正向指标。

1.4.5 红细胞相关指标 红细胞相关指标(红细胞 RBC、血红蛋白 HGB、红细胞压积 HCT、红细胞平均体积 MCV 和平均血红蛋白浓度 MCHC):在高原环境下,猪的身体会启动代偿机制从而增加氧气运输能力[10]。平原地区成年猪的 RBC 正常范围为 $5\sim8\times10^{12}$/L、HGB 正常范围为 100 ~ 160 g/L、HCT 正常范围为 30% ~ 50%、MCV 正常范围为 50 ~ 65 fL[11]。本研究中 RBC、HGB、MCV 和 HCT 指标均在正常范围内,指标相对较高表明机体氧气运输能力强。MCHC 作为反映红细胞内血红蛋白的相对含量与浓度的关键指标,其数值变化与血液携氧、释氧能力密切相关,MCHC 值升高能够优化氧解离曲线,增强血液向组织供氧的效能[12]。结合 RBC、HGB、HCT 等指标在高原低氧环境下的代偿性变化特征,其数值提升均表征机体氧气运输能力增强。因此,本研究将 RBC、HGB 和 HCT 和 MCHC 指标统一归为正向指标,以反映机体对高原低氧环境的适应性提升。

1.4.6 血小板相关指标 血小板相关指标(血小板 PLT、血小板压积 PCT、平均血小板体积 MPV、血小板体积分布宽度 PDW 和大型血小板比率 P-LCR):在高原环境下,血小板相关参数呈现动态变化的特征,PLT 数量则遵循严格的生理阈值(100 ~ 300×10^9 L),其数值异常波动将显著影响机体凝血与纤溶平衡,低于正常范围可导致出血倾向加剧,而超出阈值则增加血栓形成风险[13]。PCT 与 PLT 数量存在协同关联;MPV 反映血小板的活性状态与功能成熟度;PDW 和 P-LCR 体现血小板大小的分布情况。在 PLT 数量维持于正常生理区间的前提下,其值相对升高可视为机体凝血功能稳定,同时与心血管疾病呈负相关。基于上述的关联,本研究将 PLT、PCT、MPV、PDW 及 P-LCR 指标统一界定为正向指标。

1.4.7 血液免疫相关指标 血液免疫相关指标(免疫蛋白 M IgM、免疫蛋白 G IgG 和 C-反应蛋白 CRP):在高原环境下,猪机体免疫系统通过体液免疫途径启动适应性调节机制,IgM 和 IgG 作为免疫应答的效应因子,其含量升高可增强机体免疫力。CRP 是一种炎症急性期蛋白,在正常生理状态下维持较低表达水平,当猪因高原环境引发应激性炎症反应时,CRP 浓度会急剧升高,其升高幅度与炎症的严重程度相关[7]。鉴于 IgM 和 IgG 水平与机体特异性免疫防御能力的正相关性,CRP 水平升高指征机体炎症状态及病理损伤程度,本研究将 IgM 和 IgG 指标归为正向指标,CRP 归为负向指标。

1.4.8 血液生化相关指标 血液生化指标(谷丙转氨酶 ALT、谷草转氨酶 AST 和肌酸激酶 CK):在高原环境下,猪的肝脏与肌肉易发生病理损伤,血液生理生化指标可作为评估组织损伤程度的重要依据。ALT 和 AST 主要存在于肝细胞中,当肝细胞受到损伤时,这些酶会释放到血液中,导致血液中酶活性升高[14]。CK 主要反映肌肉损伤情况,低氧导致肌肉代谢异常时 CK 会升高。因此,将 ALT、AST 和 CK 指标属性归为负向指标。

运用熵权法对各维度指标客观赋权,综合评定红景天多糖在巴克夏猪高原引种后的健康保障成效,为高原养猪产业发展提供科学支撑。熵权法评

价指标体系如表 2 所示。

表 2　　熵权法评价指标体系

项目	指标		属性
体重健康指标	体重状况	ADG	正 +
		ADFL	正 +
		F/G	负 -
血液生理健康指标	白细胞	WBC	正 +
		NE	正 +
		MO	正 +
		EO	正 +
	红细胞	RBC	正 +
		HGB	正 +
		HCT	正 +
		MCV	正 +
		MCHC	正 +
	血小板	PLT	正 +
		PCT	正 +
		MPV	正 +
		PDW	正 +
		P - LCR	正 +
血液生化健康指标	血液免疫	IgM	正 +
		IgG	正 +
		CRP	负 -
	血液生化	ALT	负 -
		AST	负 -
		CK	负 -

1.5　分析方法

本试验通过熵权法来决定指标的权重,用线性加权法确定综合指标得分[15]。

1.5.1　根据熵值法构建初始数据矩阵　以 m 个样品 n 个指标:

$$X = [X_{ij}]m \times n$$

式中:x_{ij}为第 j 项评价指标在第 i 个样品中的样本数值,$0 \leqslant i \leqslant n$,$0 \leqslant j \leqslant m$。

1.5.2　对数据进行标准化　本试验不同指标性质存在差异,为了保证结果的可靠性,采用极差法对指标值进行标准化处理,使其介于[0 ~ 1]之间。正负向指标的赋值如表 2 所示。

正向指标的标准化处理如下:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})}$$

负向指标的标准化处理如下:

$$X_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})}$$

适度指标的标准化处理如下:

$$X_{ij}^{`} = -|X_{ij} - a|$$

1.5.3　非负化处理　原始数据经过标准化处理后,个别数据取值为 0,为了不影响后续计算,需将标准化后的数据进行平移,$x_{ij} = x_{ij} + \alpha$,α 取值为 0.01。

1.5.4　计算指标熵值 ej,信息效用值 gj:

$$ej = -k[\sum_{i=1}^{n} PijLN(P_{ij})]$$

式中:gi = 1 - ej,$P_{ij} = X_{ij} / \sum i = \ln X_{ij}$,K = 1/ln(n)

1.5.5　确定各评价指标权重

$$W_j = (1 - e_j) / \sum_{i=1}^{n} (1 - e_j)$$

式中:0≤wj≤1

1.5.6　通过线性加权法计算综合得分

$$F = \sum_{i=1}^{n} (w_j * 1\ e_j)$$

1.6　数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2019 进行标准化、非负平移、归一化等方式处理,通过 EWM 确定指标权重,运用线性加权法计算综合得分,采用数据分析软件进行 T 检验分析差异显著性。数据以均值和标准差(Mean ± SD)表示,$P < 0.05$ 被认为具有统计学意义,而 $0.05 < P < 0.10$ 的值被归类为趋势性差异。所有统计分析均基于重复实验数据,并对各项数据进行了适当的正态性检验和方差分析。

2　结果

2.1　体重健康指标

表 3 中展示了巴克夏猪体重健康评分中各个指标的权重分配,其中平均日增重(ADG)的权重占比最大,反映了其在评估体重健康中的重要性。由表 4 可知,红景天多糖使得体重健康评分提高了 19.39%($P = 0.431\ 0$)。

表 3 巴克夏猪体重健康指标权重和综合评分

指标	权重	样品	综合评分
ADG	0.474 4	CK－1	0.700 2
ADFI	0.387 0	CK－2	0.341 5
F/G	0.138 6	CK－3	0.693 3
		CK－4	0.588 2
		CK－5	0.433 4
		CK－6	0.264 3
		CK－7	0.176 3
		CK－8	0.248 4
		LH－1	0.882 7
		LH－2	0.633 4
		LH－3	0.718 3
		LH－4	0.943 2
		LH－5	0.313 3
		LH－6	0.296 1
		LH－7	0.282 3
		LH－8	0.205 3

表 4 巴克夏猪体重健康评分

项目	对照组	试验组	*P* 值
体重健康评分	0.430 7 ± 0.207 0	0.534 3 ± 0.295 1	0.431 0

注：同行数据肩标无字母表示差异不显著（$P > 0.05$），不同小写字母表示差异显著（$P < 0.05$）。下表同。

2.2 血液健康指标

2.2.1 血液生理健康指标 巴克夏猪 15 项血液生理指标的权重及每个个体的综合评分情况由表 5 所示。各指标权重差异细微，表明该评估体系强调血常规指标的综合性价值，将白细胞（如 WBC、NE）、红细胞（如 RBC、HGB）和血小板（如 PLT、MPV）相关指标视为对健康评估影响均衡的整体，无明显主次之分。表 6 是对巴克夏猪血液生理健康评分的分组统计显示，不同分组的评分呈现差异化表现。CK0 组评分相对较高，CK30 组评分相对较低，如图 1 所示，LH 组巴克夏猪的血液生理指标评分在第 0 ~ 14 d 缓慢上升，第 14 ~ 30 d 缓慢下降。

表 5 巴克夏猪血液生理健康指标权重和综合得分

指标	权重	个体号	综合评分
WBC	0.067 2	CK0－1	0.380 8
NE	0.067 1	CK0－2	0.689 9
MO	0.063 3	CK0－3	0.543 9
EO	0.066 6	CK0－4	0.532 7
LY	0.067 1	CK0－5	0.342 1
RBC	0.067 2	CK0－6	0.480 1
HGB	0.067 1	CK14－1	0.549 9
HCT	0.066 9	CK14－2	0.352 2
MCV	0.066 9	CK14－3	0.352 0
MCHC	0.067 2	CK14－4	0.420 1
PLT	0.066 8	CK14－5	0.328 2
PCT	0.066 5	CK14－6	0.629 4
MPV	0.066 7	LH14－1	0.602 7
PDW	0.066 9	LH14－2	0.369 4
P－LCR	0.066 6	LH14－3	0.689 9
		LH14－4	0.509 1
		LH14－5	0.502 1
		LH14－6	0.665 4
		CK30－1	0.465 3
		CK30－2	0.509 8
		CK30－3	0.644 4
		CK30－4	0.381 2
		CK30－5	0.499 0
		CK30－6	0.441 5
		LH30－1	0.411 9
		LH30－2	0.361 6
		LH30－3	0.552 5
		LH30－4	0.527 8
		LH30－5	0.420 6
		LH30－6	0.490 6

注：CK0 表示试验第 0 d；CK14 表示对照组第 14 d；LH14 表示试验组第 14 d；CK30 表示对照组第 30 d；LH30 表示试验组第 30 d。下同。

表 6 巴克夏猪的血液生理健康评分

分组	得分
CK0	0.494 9 ± 0.125 2
CK14	0.438 6 ± 0.123 5
LH14	0.556 4 ± 0.120 0
CK30	0.490 2 ± 0.095 2
LH30	0.460 8 ± 0.074 3

注：横坐标为试验时间 0 d，14 d 和 30 d；纵坐标为综合得分情况。下同。

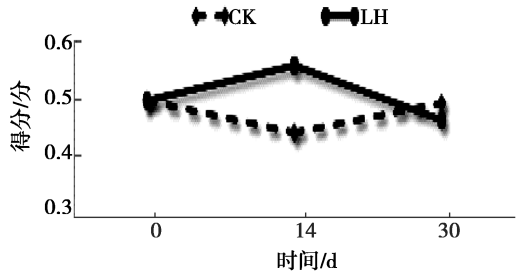

图 1　巴克夏猪的血液生理指标综合得分评价图

2.2.2　血液生化健康指标　巴克夏猪的血液生化健康中赋予指标的权重和每个样品的综合评分如表 7 所示,其中 AST 在血液生化指标中权重占比较高,这主要是因为 AST 是肝细胞和心肌细胞内的重要酶类,当细胞受损时会大量释放入血。由表 8 和图 2 可知,LH 组巴克夏猪的血液生化指标的评分随时间增加而呈现上升趋势,其中第 30 d 试验组显著高于对照组($P < 0.05$, CK30 = 0.638 7 ± 0.049 7^{b}, LH30 = 0.815 2 ± 0.038 5^{a})。

表 7　巴克夏猪血液生化健康指标权重和综合评分

指标	权重	个体号	综合评分
IgG	0.107 6	CK0 – 1	0.566 7
IgM	0.134 2	CK0 – 2	0.388 8
CRP	0.126 0	CK0 – 3	0.295 6
ALT	0.094 7	CK0 – 4	0.480 9
AST	0.339 3	CK14 – 1	0.698 9
CK	0.198 1	CK14 – 2	0.565 7
		CK14 – 3	0.521 1
		CK14 – 4	0.527 2
		LH14 – 1	0.664 2
		LH14 – 2	0.680 6
		LH14 – 3	0.699 9
		LH14 – 4	0.637 7
		CK30 – 1	0.655 7
		CK30 – 2	0.572 9
		CK30 – 3	0.691 4
		CK30 – 4	0.635 1
		LH30 – 1	0.798 0
		LH30 – 2	0.854 2
		LH30 – 3	0.781 4
		LH30 – 4	0.783 0

表 8　巴克夏猪血液生化健康评分

分组	得分
CK0	0.433 0 ± 0.116 9^{c}
CK14	0.578 2 ± 0.082 8^{b}
LH14	0.670 6 ± 0.026 3^{b}
CK30	0.638 7 ± 0.049 7^{b}
LH30	0.815 2 ± 0.038 5^{a}

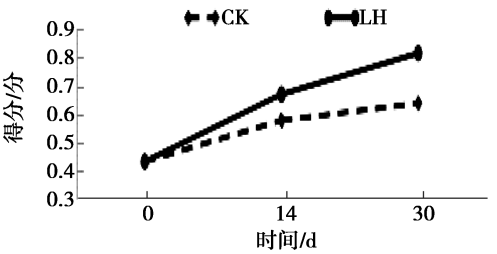

图 2　巴克夏猪血液生化指标综合得分评价图

3　讨论

3.1　体重健康

本研究中,饲料中添加红景天多糖饲喂引种的巴克夏猪,其体重健康评分虽有提高的趋势,但这一趋势未达到显著性水平($P > 0.05$,对照组 = 0.430 7 ± 0.207 0,试验组 = 0.534 3 ± 0.295 1)。这可能是由于红景天多糖的作用时间较短,尚未通过长时间的作用获得显著影响血液生理健康评分的效果。在动物机体对功能性物质的响应机制中,时间因素常常起着关键作用,足够的作用时长对功能性物质发挥其潜在功效、引发机体生理指标的显著改变至关重要。因此,在未来研究中需要延长干预时间,以便充分发挥红景天多糖的健康改善作用。

3.2　血液健康指标

3.2.1　血液生理健康指标　血液生理健康指标是反映机体健康状态的关键参数[16],其数值波动可有效展现机体针对应激、干预及疾病状态所产生的适应性变化。本研究聚焦高原引种的巴克夏猪,通过在基础饲料中添加红景天多糖,开展为期 30 d 的饲喂试验。试验结果显示,在第 14 d 时,LH 组的健康评分(0.556 4 ± 0.120 0)高于 CK 组(0.438 6 ± 0.123 5),而试验前后巴克夏猪血液生理健康指标并无显著变化($P > 0.05$)。这可能与红景天多糖增强巴克夏猪对高原环境的适应能力

相关。

红景天多糖具备抗氧化、抗炎和增强免疫功能等多种药理活性[17]。相关研究表明,红景天苷能够提高血红蛋白含量,增强血液携氧能力,从而帮助机体更好地适应高原环境[18]。在试验后半段,推测巴克夏猪的高原习服反应逐渐显现,使得试验组和对照组之间的差距逐渐缩小。此现象可能与红景天多糖在饲喂过程中逐步发挥其生理调节作用有关。红景天多糖可能通过增强机体抗氧化能力、调节免疫功能以及改善血液携氧能力,在一定程度上缓解了高原环境对巴克夏猪的应激反应[19]。

3.2.2 血液生化健康指标 血液生化指标通过检测血液中的化学成分,如糖类、脂质、蛋白质、电解质等,能够全面反映机体各系统的功能状态和代谢情况,用于疾病诊断、疗效监测等[20]。本研究中 LH 组第 14 d 和第 30 d 血液生化健康指标健康评分均显著高于 CK 组,其中第 30 d 两组间存在显著差异($P<0.05$,CK30 = 0.638 7 ± 0.049 7^{b},LH30 = 0.815 2 ± 0.038 5^{a})。这表明红景天多糖可能通过调节机体代谢,促进细胞对营养物质的摄取和利用,从而改善整体代谢环境,间接影响血液中的生化成分。血液生化指标对评估机体健康意义重大,红景天多糖或经多种机制提升其水平。未来研究可通过细胞实验,探究红景天多糖对关键代谢通路(如 AMPK、mTOR 通路)的影响,开展动物模型实验,观察其对不同器官代谢功能的调节作用。

4 结论

本研究通过 EWM 法综合评估高原引种巴克夏猪的健康指标,发现在饲料中添加红景天多糖(200 mg/kg)可以提升血液生化健康评分,并使体重健康呈现潜在改善趋势,其作用机制可能与增强抗氧化能力、优化代谢通路及促进高原适应相关。研究结果为红景天多糖在高原动物应激调控中的应用提供了实验依据,后续将进一步明确长效干预效果及分子机制。

参考文献:

[1]BAI J, LI L, LI Y, *et al*. Genetic and immune changes in Tibetan high – altitude populations contribute to biological adaptation to hypoxia [J]. Environmental health and preventive medicine, 2022(27): 39 – 39.

[2]张江, 王士维, 李何君. 巴克夏母猪不同胎次产仔性能比较分析 [J]. 安徽农业科学, 2021, 49(18): 94 – 5 + 8.

[3]林晓月, 齐珈娆, 王丹丹, 等. 红景天多糖的提取及体外抗氧化活性研究 [J]. 北华大学学报(自然科学版), 2016, 17(3): 330 – 334.

[4]马莹慧, 熊馨, 李月, 等. 长白山红景天多糖组分的提取纯化工艺与其免疫调节作用 [J]. 中国兽医杂志, 2021, 57(11): 90 – 95.

[5]龚嘎蓝孜, 普珍, 仁增卓嘎, 等. 红景天苷对平原移居高原大鼠心脏损伤的保护作用研究[J]. 免疫学杂志, 2021, 37(11): 939 – 46.

[6]CHENG Y. The growth performance and nonspecific immunity of red swamp crayfish Procambarus clarkia affected by dietary Rhodiola rosea polysaccharide [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2019(93): 796 – 800.

[7]MA R, CAO T, AN H, *et al*. Extraction, purification, structure, and antioxidant activity of polysaccharide from Rhodiola rosea [J]. Journal of Molecular Structure, 2023 (1283): 135310.

[8]曹佳蕾, 李停. 基于熵权 GC – TOPSIS 的区域科技创新能力评价与实证 [J]. 统计与决策, 2020, 36(15): 171 – 174.

[9]ZHANG X, HUANG S, LI S, *et al*. Effects of altitude on the digestion performance, serum antioxidative characteristics, rumen fermentation parameters, and rumen bacteria of Sanhe heifers[J]. Frontiers in Microbiology, 2022(13): 875323.

[10]YANG Y, YUAN H, YAO B, *et al*. Genetic Adaptations of the Tibetan Pig to High – Altitude Hypoxia on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25(20): 11303.

[11]冯媛媛, 白雪源, 贺津, 等. 中国实验用小型猪血液指标正常参考值分析[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(6): 139 – 142.

[12]郑佳, 姚晓丽, 罗文斌, 等. 溶解氧昼夜变化对鳜血液生理生化指标及血红蛋白基因表达的影响[J]. 南方农业学报, 2024, 55(5): 1493 – 501.

[13]宋真真, 李臣宾, 周文宾, 等. 血细胞分析全国质评参加实验室的室内质量控制数据分析[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(24): 1931 – 1936.

[14]张丽杰. 血清转氨酶的测定及临床意义[J]. 中国医药指南, 2012, 10(9): 298 – 299.

[15]邱菀华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京:机械工业出版社, 2002.

[16]江方正, 央金普芝, 卓玛德吉, 等. 高海拔地区正常人群血常规结果特征分析 [J]. 医学研究生学报, 2021, 34(9): 942 – 6.

(下转第 23 页)

2022—2024 年海北藏族自治州小反刍兽疫监测数据分析

马金林[1],阿积学[1],孙培培[2],郑思思[3],郑孟加[4],陈　峰[4*]
(1. 海北藏族自治州动物疫病预防控制中心,青海 海晏 810299;
2. 潍坊市动物疫病预防控制中心,山东 潍坊 261000;3. 青海省动物疫病预防控制中心,青海 西宁 810000;
4. 山东省动物疫病预防与控制中心,山东 济南 250100)

摘　要:为进一步掌握青海省海北藏族自治州小反刍兽疫流行趋势和免疫状况,开展了 2022—2024 年小反刍兽疫监测数据分析。通过数据分析发现,2022—2024 年,个体和群体免疫合格水平均符合国家要求,各年度免疫水平较为平稳,波动较小。各季度之间无明显波动,免疫补免工作扎实有效。3 年中未能检测到病原学阳性,能够一定程度地证明当地小反刍兽疫流行处于较低水平,但因为存在活羊调运频繁等风险因素,应持续做好监测工作。另外,不同县域之间存在免疫合格率差异,对合格率较低的地区应督促做好免疫工作。

关键词:小反刍兽疫;海北藏族自治州;监测
中图分类号:S851.3　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1003-7950(2025)04-0008-03

Analysis of Small Ruminant Brucellosis Surveillance Data in Haibei Tibetan Autonomous Prefecture from 2022 to 2024

MA Jinlin[1], A Jixue[1], SUN Peipei[2], ZHENG Sisi[3], ZHENG Mengjia[4], CHEN Feng[4*]
(1. Haibei Tibetan Autonomous Prefecture Disease Prevention and Control Center, Haiyan 810299, China;
2. Weifang Municipal Animal Disease Prevention and Control Center, Weifang 261000, China;
3. Qinghai Provincial Animal Disease Prevention and Control Center, Xining 810000, China;
4. Shandong Center for Animal Disease Prevention and Control, Jinan 250100, China)

Abstract: In order to further understand the trend of the small ruminant pest and its immune status in Haibei Province, data analysis of the small ruminant pest monitoring from 2022 to 2024 is conducted. The study shows that the individual and herd immune levels between 2022 to 2024 met national requirements, and the immune levels have remained relatively stable with minor fluctuations. There were no significant variations between quarters, and the immunization and revaccination efforts have been solid and effective. No pathogenic positivity has been detected over the three years, indicating that the local small ruminant pest is at a relatively low level. However, due to frequent sheep transportation and other risk factors, continuous monitoring efforts are necessary. There are differences in the immunization qualification rates among different counties, and efforts should be made to promote immunization in counties with lower rates.

Key words: Peste des petits ruminants; Haibei Tibetan Autonomous Prefecture; Monitoring

小反刍兽疫(peste des petits ruminants,PPR),简称羊瘟,是由副黏病毒科麻疹病毒属的小反刍兽疫病毒(peste des petits ruminants virus,PPRV)引起的一种高度接触性传染病。山羊和绵羊是该病的自

收稿日期:2024-11-07
基金项目:海北州牦牛藏羊产业技术研发和集成示范项目(SDYQ 2022-32-8)
作者简介:马金林(1994-),大学本科,兽医师,主要从事动物疫病防控工作。E-mail:1305338031@qq.com
通信作者:陈　峰(1987-),硕士研究生,兽医师,主要从事兽医流行病学调查与研究工作。E-mail:chenfengvet@126.com

然宿主,其中山羊比绵羊更易传染,临床症状更严重。临床上以发热、口炎、腹泻、肺炎为主要特征,易感羊群的发病率和病死率分别可达 100% 和 90%[1-2]。该病是世界动物卫生组织(WOAH)要求的须通报动物疫病,也是全球计划根除的动物疫病,我国将其列为一类动物疫病。2007 年 7 月,PPR 首次由境外传入我国西藏阿里地区,随后疫情很快被控制。2013 年 11 月底,PPR 疫情再次传入我国,并陆续扩散至新疆、甘肃、内蒙古、辽宁、湖南、黑龙江、江苏及四川等地[3]。近 5 年来,青海省先后发生了 2 起小反刍兽疫疫情,分别是 2018 年青海省海北藏族自治州刚察县野生岩羊发生小反刍兽疫疫情和 2020 年青海省海西蒙古族藏族自治州格尔木市的发生羊小反刍兽疫疫情[4-5]。为及时掌握青海省海北藏族自治州(以下简称"海北州")PPR 流行趋势和免疫状况,特开展本次检测数据分析。

1 材料与方法

1.1 抽样方法

采用多阶段抽样策略,首先根据估计流行率的计算方式,将场群设为无限群,置信水平为 95%,可接受误差为 5%,预计流行率为 5%,计算场群抽样数量为 73 个。其次,每个场点按照发现疫病的方式计算样品数量,设群内预期阳性率为 10%,置信水平为 95%,检测方法敏感性为 99%,每个场点随机抽检样品不少于 30 份,不足 30 份的全采。

1.2 判定方法

按照《小反刍兽疫诊断技术》(GB/T 27982—2011)[6]进行判定。抗体检测采用阻断 ELISA 方法;病毒核酸检测采用 RT-PCR 方法。阳性样品按照国标进行操作和判定,阳性样品 1 份及以上的采样场点判定为阳性场点。

1.3 数据资料

本次研究资料来自"全国动物卫生监测平台"的 2022—2024 年小反刍兽疫监测数据。

2 结果

2.1 样品来源情况

2022—2024 年,海北州兽医实验室及各县级兽医实验室共检测 15 119 份样品,监测养殖场(户)261 场(次)。样品总数在不同年份和单位之间存在一定变化,海北州兽医实验室检测样品数最多,占总样品数的 62.05%,海晏县兽医实验室与门源县兽医实验室的样品数类似,均占总样品数量的 14% 左右。

2.2 血清学检测结果

2.2.1 时间分布描述 从各年度血清学检测个体免疫合格率和群体免疫合格率情况来看,3 年中的个体免疫合格率均在 85% 以上,群体免疫合格率均在 80% 以上(见表 1、表 2)。

个体免疫合格率和群体免疫合格率在不同季度间的检测数值无明显波动。群体免疫合格率方面,第二季度数值较第三、四季度高(见表 3、表 4)。

表 1 各年度血清学检测个体免疫合格率情况

年份	样品数/个	样品合格数/个	个体免疫合格率/%
2022	3 047	2 624	86.12
2023	2 054	1 755	85.44
2024	3 119	2 904	93.11

表 2 各年度血清学检测群体免疫合格率情况

年份	场户数/个	场群合格数/个	群体免疫合格率/%
2022	103	84	81.55
2023	62	55	88.71
2024	69	65	94.20

表 3 2022—2024 年各季度血清学检测个体免疫合格率情况

季度	样品数/个	样品合格数/个	个体免疫合格率/%
第一季度	0	0	0.00
第二季度	2 016	1 777	88.14
第三季度	2 163	1 909	88.26
第四季度	4 041	3 597	89.01

表 4 2022—2024 年各季度血清学检测群体免疫合格率情况

季度	场户数/个	场户合格数/个	群体免疫合格率/%
第一季度	0	0	0.00
第二季度	113	96	84.96
第三季度	11	11	100.00
第四季度	110	97	88.18

2.2.2 空间分布描述 如表 5、表 6 所示,海北州所辖 4 县血清学检测结果表明,个体免疫合格率存

在地区差异。海晏县个体合格率最低(85.12%)。群体合格率方面,海晏县群体合格率最低(81.82%)。

表 5　不同地区血清学检测个体免疫合格率情况

县	样品数/个	个体合格数/个	个体合格率/%
刚察县	252	229	90.87
海晏县	2 124	1 808	85.12
门源县	2 172	1 953	89.92
祁连县	1 190	1 157	97.23

表 6　不同地区血清学检测群体免疫合格率情况

县	场户数/个	场户合格数/个	群体合格率/%
刚察县	6	6	100.00
海晏县	33	27	81.82
门源县	95	81	85.26
祁连县	44	44	100.00

2.3　病原学检测结果

2022—2024 年,共监测养殖场(户)80 场(次),采集 6 899 份样品进行病原学检测,检测结果均为阴性。

3　讨论与分析

检测结果表明,海北州小反刍兽疫免疫工作取得了显著成效。全州个体及群体的免疫水平保持在稳定状态,波动较小。个体合格率分别为 86.12%、85.4% 和 93.11%,群体合格率分别为 81.55%、88.71% 和 94.20%,均超过了国家标准所要求的 70%。这表明通过近年来免疫工作的持续推进,免疫合格率得到提升并保持在稳定状态,与马金林等[7]的研究结果相比,状况有所改善。

各季度个体免疫合格率与群体免疫合格率均在国家标准要求的 70% 以上,且各季度之间均无统计学差异。这说明个体和群体的免疫合格率波动不大,免疫效果没有明显的季节性变化,也未发现免疫薄弱的时间点。与马金林等[7]2018 年研究结果存在季节性波动有所不同,且近 3 年的季节性波动不明显。这可能是因为多年来小反刍兽疫免疫工作做得扎实,各项免疫率在得到提升的同时也逐步趋于稳定。另外,本次研究将 3 年数据按季度累加后进行季节性分析,数据量足以避免一定的随机误差,更能证明其季节性变化的趋势。季节性变化不明显间接证明了我国现阶段小反刍兽疫强制免疫疫苗具有显著效果。

在过去 3 年中,州级及四县实验室未检测到病原学阳性,在一定程度上证明了该病在当地的流行水平较低。然而,近年来部分县活羊调运频繁,人员、车辆等接触频率明显增加,这些因素都造成了动物疫病的快速传播[8],给当地小反刍兽疫等疫病防控工作带来了新的挑战。由于不同县的监测结果存在差异,也为疫病的传入提供了可乘之机,应加强免疫工作,对新生羔羊进行及时免疫并做好后续的补免工作。

4　结论

2022—2024 年,海北州小反刍兽疫免疫工作成效显著。个体、群体免疫合格水平均符合国家要求,各年度免疫水平处于平稳状态,波动较小。各季度之间无明显波动,免疫补免工作扎实有效。3 年中未能检测到病原学阳性,可一定程度表明当地小反刍兽疫的流行处于较低水平,但因为活羊调运频繁等风险因素的存在,所以应持续做好监测工作。不同县之间在免疫合格率上存在高低差异,对较低县应督促其做好免疫工作。

参考文献:

[1]周子涛. 国内小反刍兽疫流行现状及防控对策[J]. 现代农业技, 2017(10): 246.

[2]李林杰, 谢军, 徐文凯, 等. 小反刍兽疫病毒的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(1): 66-70.

[3]赵刚. 小反刍兽疫的流行动态及疫苗的研究进展[J]. 现代畜牧兽医, 2014(3): 52-55.

[4]马梦真, 雷馨雨, 李登亮, 等. 羊小反刍兽疫防控关键技术研究进展[J]. 动物医学进展, 2023, 44(6): 91-95.

[5]应兰, 杨毅青, 李林, 等. 青海高原首例岩羊小反刍兽疫诊断与控制[J]. 畜牧与兽医, 2019, 51(12): 112-117.

[6]国家质量技术监督检验检疫总局. 国家标准化管理委员会. 小反刍兽疫诊断技术: GB/T 27982—2011[S]. 北京: 国家质量技术监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会, 2011.

[7]马金林. 海北州小反刍兽疫疫苗免疫效果检测与分析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2018, 48(3): 41-43.

[8]李秀英, 傅义娟, 胡广卫, 等. 青海省 2015—2020 年小反刍兽疫免疫抗体监测与分析[J]. 中国兽医杂志, 2021, 57(11): 49-50.

抗菌肽饲料添加剂对肉鸡生产性能影响的 Meta 分析

黄伟华[1,2,3],孙　武[1,2,3*],金夏阳[1,2,3],马世科[1,2,3]
(1. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016;
2. 农业农村部青藏高原畜禽遗传育种重点实验室,青海 西宁 810016;
3. 青海省高原家畜遗传资源保护与创新利用重点实验室,青海 西宁 810016)

摘　要:本研究旨在利用 Meta 分析评估抗菌肽饲料添加剂对肉鸡生产性能的影响。通过筛选共纳入 14 篇文献 35 个对照研究,收集 35 份实验组(抗菌肽添加剂)和 14 份对照组(基础日粮)的动物生产数据,通过敏感性分析评价合并效应量后结果的稳定性并用漏斗图评估发表偏倚。Meta 分析结果表明,在饲料中添加抗菌肽添加剂可以显著增加平均日增重(ADG)($P<0.05$),显著降低料重比(F/G)($P<0.05$),但对平均日采食量(ADFI)无影响($P>0.05$),由此推断抗菌肽饲料添加剂显著提高了肉鸡的生长性能。漏斗图分析表明研究仅存在少量发表偏倚,敏感性分析表明分析结果稳定可靠,建议在肉鸡生产中适当添加抗菌肽饲料添加剂。本次 Meta 分析可为我国肉鸡生产及抗菌肽研发等提供参考。

关键词:抗菌肽;Meta 分析;生长性能;肉鸡
中图分类号:S816.7　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1003-7950(2025)04-0011-06

Meta-analysis of the Effects of Antimicrobial Peptide Feed Additives on the Performance of Broilers

HUANG Weihua[1,2,3], SUN Wu[1,2,3*], JIN Xiayang[1,2,3], MA Shike[1,2,3]
(1. Academy of Animal and Veterinary Science, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Key Laboratory of Livestock and Poultry Genetics and Breeding on the Qinghai-Tibet Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xining 810016, China; 3. Plateau Livestock Genetic Resources Protection and Innovative Utilization key Laboratory of Qinghai Province, Xining 810016, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effects of antimicrobial peptide feed additives on broiler performance using meta-analysis. A total of 14 papers and 35 controlled studies were included through screening, and a total of 35 animal production data were collected from the experimental group (antimicrobial peptide additive) and 35 from the control group (basal diet), and the stability of the results after combining effect sizes was evaluated by sensitivity analysis, and publication bias was assessed by funnel plots. The results of the meta-analysis showed that the addition of antimicrobial peptide additives to the feed significantly increased the average daily gain (ADG) ($P<0.05$) and significantly reduced the feed-to-weight ratio (F/G) ($P<0.05$), but had no effect on average daily feed intake (ADFI) ($P>0.05$), which inferred that the antimicrobial peptide feed additive significantly improved the growth performance of broilers. Funnel plot analysis showed that the study had only a small publication bias and sensitivity analysis showed that the analysis was stable and reliable. Conclusion, it is recommended that appropriate addition of antimicrobial peptide feed additives in broiler production is necessary. This meta-analysis provides a scientific basis for related studies on broiler production and antimicrobial peptide research and development in China.

收稿日期:2025-03-19
基金项目:青海省中青年科技人才托举工程(2023QHSKXRCTJ17)
作者简介:黄伟华(1986-),大学本科,助理实验师,主要从事草地畜牧业研究。E-mail: 584031572@qq.com
通信作者:孙　武(1986-),博士研究生,副研究员,硕士生导师,主要从事家畜—动物营养与繁殖研究。E-mail: sunwufrank@163.com

Key words: Antimicrobial peptide; Meta - analysis; Growth performance; Broiler

0　引言

抗菌肽(Antimicrobial Peptides, AMPs)是一类广泛存在于生物体内的小分子多肽,具有广谱抗菌、抗病毒、抗真菌及抗寄生虫等活性。自 Steiner 等(1981)首次在昆虫中发现抗菌肽以来,其在生物医学、农学及微生物学等领域的应用潜力逐渐受到关注[1-2]。抗菌肽通过破坏病原微生物的细胞膜发挥其杀菌作用,且不易诱导细菌产生耐药性,为此被视为一种理想的抗生素替代物。近年来,随着全球范围内对抗生素使用的限制,抗菌肽作为一种绿色、安全、无残留的饲料添加剂,在畜禽养殖中的应用日益广泛。研究表明,抗菌肽不仅能改善动物的生长性能,还能促进肠道健康,增强其免疫功能,具有广阔的市场前景[3-5]。有关肉鸡生产中抗菌肽的应用研究已逐渐增多,但对抗菌肽对肉鸡生产性能及免疫指标的影响尚未形成一致结论。部分研究表明,抗菌肽能够显著提高肉鸡的平均日增重、饲料转化率及免疫器官指数,增强巨噬细胞吞噬功能,改善肠道结构[6]。然而,也有研究认为抗菌肽对肉鸡的生产性能并无显著促进作用[7]。这种不一致性可能与抗菌肽的种类、添加剂量、试验设计及动物品种等因素有关。由于抗菌肽种类、添加剂量及试验设计差异,现有研究在抗菌肽对肉鸡生产性能的影响方面结论不一,例如 ADG 的效应方向(促进/抑制)和程度存在矛盾。Meta 分析能整合异质性数据,通过量化合并效应提高统计效力,减少单一研究的偶然性偏差,从而更客观地评估抗菌肽的真实作用。大量研究表明,在畜禽饲粮中添加 AMP,可改善其肠道功能,提高免疫力,促进畜禽生长等[8-10]。因此,有必要通过系统评价和定量分析,全面评估抗菌肽对肉鸡生产性能的影响。Meta 分析作为一种系统、定量的文献综述方法,能够整合多项独立研究的结果,提高统计效能,得出更为可靠的结论。自 Glass(1976)正式提出 Meta 分析方法以来,其在医学、农学等领域的应用日益广泛。因此,本文旨在通过 Meta 分析,系统评估抗菌肽饲料添加剂对肉鸡生产性能的影响,以期为抗菌肽在肉鸡养殖中的科学应用提供理论依据。研究将严格遵循 Meta 分析的操作流程,包括文献收集与筛选、质量评估、数据提取与分析等步骤,确保结果的客观性和可靠性。本研究期望为抗菌肽在肉鸡生产中的合理使用提供科学支持。

1　材料与方法

1.1　文献检索

在中国知网、万方数据库、维普数据库和中国科学引文数据库(CSCD)等中文数据库输入关键词“抗菌肽”“肉鸡”“生产性能”等,其中生产性能包括平均日增重、平均日采食量、料重比等结局指标。选择中文数据库(如 CNKI、万方)是因为抗菌肽在肉鸡中的研究以国内为主。关键词涵盖核心指标(ADG、F/G 等),以确保检索的全面性,并设置 2001—2023 年以覆盖相关研究高峰期。设置检索时间范围为 2001—2023 年,然后查阅相关文献。

1.2　文献筛选

文献研究内容包括抗菌肽添加剂对肉鸡生长性能的影响。研究结果包含平均日增重、平均日采食量、料重比等生产性能结局指标。文献语言为中文。所有检索到的文献资料由 2 名研究者独立完成筛选和数据提取并进行复核。按照文献检索规则,共检索到文献 50 篇,其中排除重复文献、会议论文、会议摘要和未发表论文 36 篇,最终纳入 14 篇文献。

1.3　数据提取及特征

本研究共纳入 14 篇文献,根据试验设计提取 35 个对照研究。数据提取过程由两名研究者独立完成,并通过交叉核对确保准确性。若存在分歧,由第三位研究者进行仲裁,以确保数据提取的一致性和可靠性。提取的数据包括:(1)文献基本信息:题目、发表年份、作者等;(2)试验特征:试验动物数量、抗菌肽添加浓度、试验周期等;(3)结局指标:平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料重比(F/G)的均值及标准差(SD)。相同年份、同一作者的不同研究使用(1)(2)(3)(4)区分。对于缺失标准差(SD)的数据,通过联系原作者获取;若无法取得,则根据 P 值、标准误(SE)或范围估算,为确保估算的准确性,我们仅对提供足够统计信息(如 P 值、SE 或样本量)的研究进行 SD 估算,并记录估算方法以便后续敏感性分析。若研究未提供任何可用于估算 SD 的信息,则予以排除,以避免引入偏倚。所

有提取和估算的数据均进行交叉验证，确保 Meta 分析结论的稳健性。最终，本研究共纳入 35 个对照研究，其中，ADG 研究 12 篇，ADFI 研究 9 篇，F/G 研究 12 篇。所有纳入研究均为随机对照试验（RCT），数据提取过程严格遵循 PRISMA 指南，以确保 Meta 分析的可重复性和科学性。

1.4 统计分析方法

本实验采用 R 语言中的 Meta 包对所提取的数据资料进行 Meta 分析。

1.4.1 效应尺度选择和效应量的合并 首先，整合观察本次实验，发现本次实验纳入文献结局指标均为连续性变量，因此，选择标准化均数差（Standardized mean difference，SMD）作为数据处理的效应长尺度。其次，根据一致性检验结果提示选择分析的模型，利用 I^2 值或 P 值进行研判。如果 $I^2<50\%$ 或 $P>0.05$，认为研究间异质性低或不存在异质性，采用固定效应模型（Fixed Model）合并效应量；当 $I^2>50\%$ 或 $P<0.05$，则反之。

1.4.2 森林图的绘制 绘制森林图也即 Meta 分析，森林图的绘制采用 forest（）函数。

1.4.3 偏倚分析及处理 采用 R 语言 Meta 包中的 metabias（）函数进行发表偏倚检验，同时结合 funnel（）函数绘制漏斗图进行定性评估。若漏斗图两侧研究点分布均匀且对称，或 $P>0.05$，则认为不存在发表偏倚，否则提示可能存在偏倚。

1.4.4 敏感性分析 敏感性分析采用 Meta 包中的 metainf（）函数，通过逐一排除单项研究，评估其对总效应量及异质性的影响，以检验结果的稳定性。

2 结果

2.1 抗菌肽对肉鸡生产性能影响的 Meta 分析

本研究发现，在饲料中添加抗菌肽添加剂后，以平均日增重、平均日采食量和料重比为代表的生产性能结局指标数量变化存在研究间异质性（$P<0.001$，$I^2>50\%$），故采用随机效应模型合并效应量。结果显示，合并效应量在无效线右侧，且不与无效线相交。Meta 分析结果表明，在饲料中添加抗菌肽添加剂可以显著增加平均日增重（ADG）（$P<0.05$）（见图 1），显著降低料重比（F/G）（$P<0.05$）（见图 3），但对平均日采食量（ADFI）无影响（$P>0.05$）（见图 2）。相关研究表明平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）等指标与动物的生产性能存在紧密关联性[11]，根据本次 Meta 分析结果，初步推断抗菌肽饲料添加剂在一定程度上显著提高了肉鸡的生长性能。

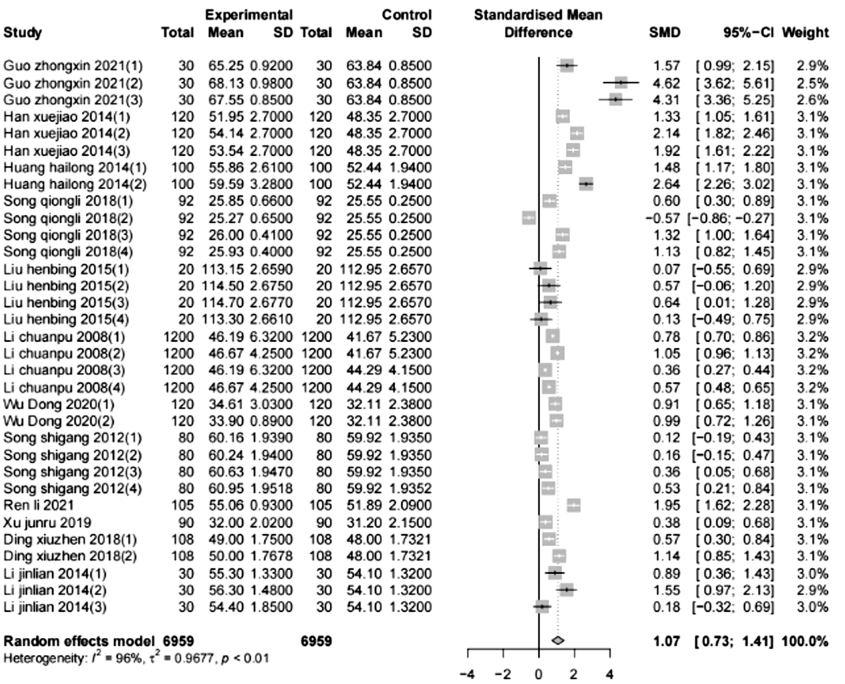

图 1 抗菌肽添加剂对肉鸡平均日增重（ADG）影响的 Meta 分析森林图

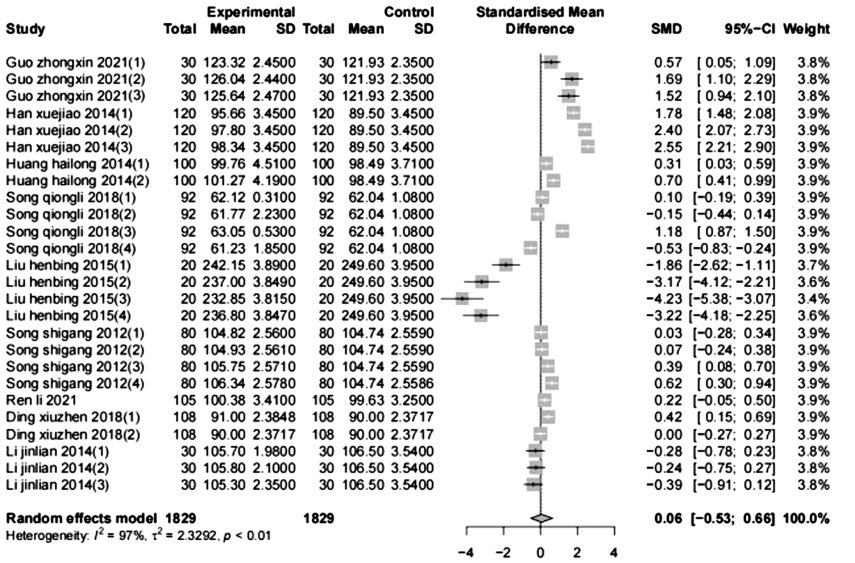

图 2　抗菌肽添加剂对肉鸡平均日采食量(ADFI)影响的 Meta 分析森林图

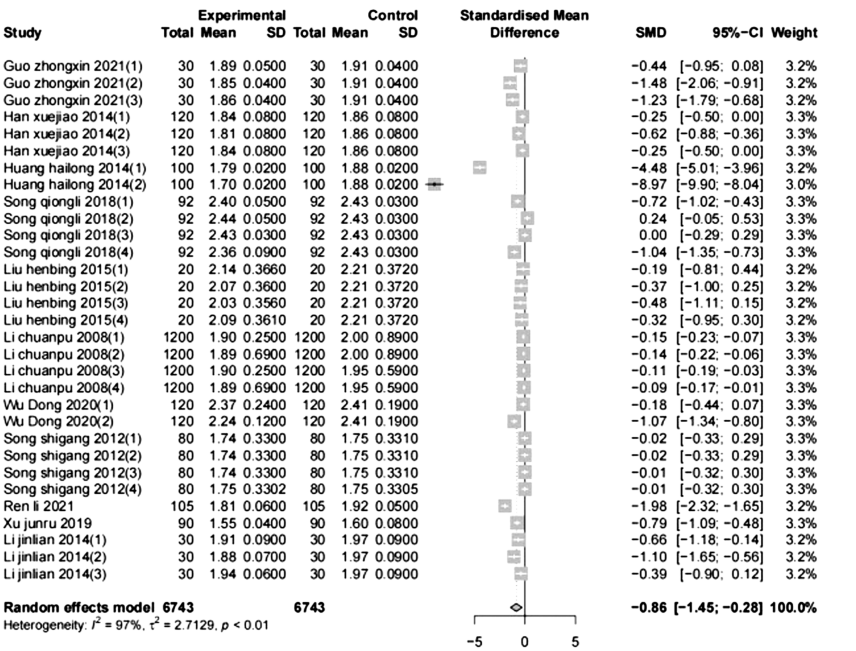

图 3　抗菌肽添加剂对肉鸡料重比(F/G)影响的 Meta 分析森林图

2.2　抗菌肽对肉鸡生产性能影响的敏感性分析

抗菌肽添加剂影响了肉鸡生产性能指标(见表 1),本次 Meta 分析结果异质性高(I^2 > 50%,P < 0.01),需对分析结果的稳定性和可信度进行评价。敏感性分析结果表明,纳入的所有研究依次排除之后,剩余研究的合并效应值均位于无效线的两侧,并且未相交,更加说明了本次 Meta 分析结果的准确性。

表 1　抗菌肽添加剂对肉鸡生产性能影响的 Meta 分析结果

		标准化均数差(95% 置信区间)SMD(95% CI)		异质性检验	
指标	研究数量	效应量	P 值	I^2/%	P 值
ADG	12	1.06[0.73 – 1.41]	<0.01	96%	<0.01
ADFI	9	0.06[– 0.53 – 0.66]	<0.01	97%	<0.01
F/G	12	– 0.86[– 1.45 – – 0.28]	<0.01	97%	<0.01

2.3 抗菌肽对肉鸡生产性能影响的偏倚分析

偏倚分析结果用漏斗图表示，结果见图 4。生产性能结局指标漏斗图显示，大部分研究分布在漏斗图上部且中间集中，对称性好，但是也有少量研究分布在漏斗图外，说明研究的样本量大、具有代表性，且实验精度高、数据准确。利用 trim and filled 模型进行校正，矫正分析后的结果（见表 2）显示，抗菌肽添加剂对肉鸡相关生产性能结局指标的影响仍然达到了统计学上的显著性（$P < 0.05$），这充分说明前面 Meta 分析结果的可靠性。

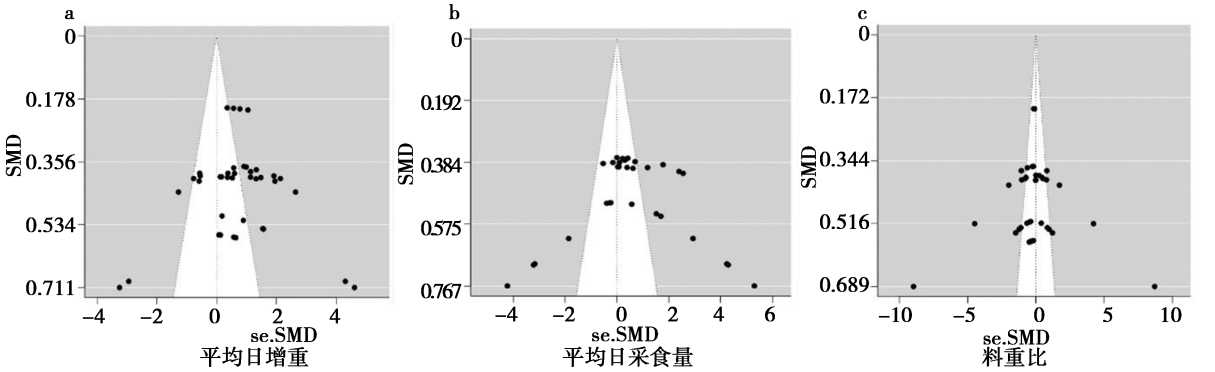

图 4 抗菌肽添加剂对肉鸡生产性能影响的结局指标置信区间漏斗图

表 2 Meta 分析矫正后结果总结

		标准化均数差（95% 置信区间）SMD（95% CI）		异质性检验	
指标	纳入研究总数量	效应量	P 值	I^2/%	P 值
ADG	33	1.26[0.73 – 1.48]	<0.01	96%	<0.01
ADFI	26	0.16[– 0.53 – 0.86]	<0.01	97%	<0.01
F/G	33	– 0.91[– 1.45 – – 0.38]	<0.01	97%	<0.01

3 讨论

本研究通过 Meta 分析方法系统评价了抗菌肽饲料添加剂对肉鸡生产性能的影响。已有研究表明，抗菌肽作为饲料添加剂可通过改善肠道微生态平衡、增强免疫功能等多重机制促进动物生长[11]。Meta 分析整合了 33 项对照研究数据，结果显示，抗菌肽在一定剂量范围内可显著提高肉鸡生产性能，这与多项独立研究结果一致。黄海龙等[12]研究发现，黄粉虫诱导产生的抗菌肽可显著提高肉鸡平均日增重；李金莲[13]通过剂量效应试验证实得出，500 mg/kg抗菌肽添加组肉鸡生长性能最佳，但过高剂量反而降低促生长效果；郭忠欣[14]研究表明 0.05% ~0.1%抗菌肽添加剂量可显著改善肉鸡生长性能；任莉等[15]研究发现，200 mg/kg 纳豆菌抗菌脂肽可有效促进肉鸡生长。此外，韩雪娇[6]和宋琼莉[16]的研究也表明，100 ~600 mg/kg 剂量范围内的抗菌肽可显著提高肉鸡采食量。然而，也有部分研究报道了不一致的结果。宋士刚[17]发现 500 mg/kg 抗菌肽对肉鸡生长产生抑制作用；刘洹兵[18]研究表明，当抗菌肽添加量超过 600 mg/kg 时，肉鸡采食量显著降低；黄海龙[12]也发现，抗菌肽可能对料重比产生负面影响。这些差异可能与抗菌肽类型、添加剂量、试验条件等因素有关。值得注意的是，部分研究[16-18]显示，低剂量抗菌肽对生产性能无显著影响，提示存在剂量效应关系。本研究通过异质性检验和敏感性分析确保了 Meta 分析结果的可靠性。异质性检验显示各研究间存在一定异质性，但经随机效应模型校正后，合并效应量仍具有统计学意义。敏感性分析表明，排除任何单项研究后，总体结论保持稳定。这些方法学分析增强了研究结论的可信度。综合现有证据发现，抗菌肽对肉鸡生产性能的影响呈现剂量依赖性特征，适宜剂量（100 ~600 mg/kg）可显著改善生长性能，而过高剂量可能产生抑制作用。这一结论为抗菌肽在肉鸡养殖中的合理应用提供了科学依据。未来研究应进一步探讨不同来源抗菌肽的剂量效应关系，并建立更精确的添加标准。

本研究存在一定的局限性。首先，本文所纳入的文献资料整体质量较高，但仍存在数据不全和少量的发表偏倚，可能对 Meta 分析结果造成一定影响。此外，本文所纳入研究中存在的基础日粮和试验日粮成分不统一、动物试验预试期和正式试验期

等试验操控等因素的差异可能易造成相关结局指标的变化,从而对生产性能指标的稳定性造成不可预测的影响。因此,差异化的试验操控条件可能是潜在的异质性因素。异质性高(I^2 >50%)还可能源于抗菌肽类型(如富力泰 vs. 黄粉虫诱导肽)、肉鸡品种(AA 肉鸡 vs. 青脚麻鸡)及日龄阶段(雏鸡 vs. 育肥期)的差异。例如,低剂量(<300 mg/kg)对 ADG 的效应可能优于高剂量,提示需细分应用条件。其次,评判动物生产性能的指标实际上不止本文提到的平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料重比(F/G),比如动物的初始重、末重以及 60、180 日龄体重等指标由于文献资料过少,此次分析并未纳入分析,这也有可能对实验结果有一定影响。

本研究表明,抗菌肽可显著提高肉鸡 ADG 并降低 F/G,建议在生产中按 200 ~500 mg/kg 剂量添加以优化效益。未来需开展多品种、长周期试验,并结合经济效益分析,以制定标准化应用方案。此外,抗菌肽与其他添加剂的协同效应也值得研究。因此,对于认识或掌握抗菌肽对肉鸡生产性能影响的作用机制还不够深入,缺乏系统性和全面性。本次研究未考虑以上这些因素,以后将在研究中进一步纳入这些因素,从而得出更加系统、全面的结论为肉鸡生产中使用抗菌肽提供更加合理的科学依据。

4　结论

Meta 分析明确了在饲料中添加抗菌肽添加剂可以显著增加平均日增重(ADG)(P <0.05),显著降低料重比(F/G)(P <0.05),但对平均日采食量(ADFI)无影响(P >0.05),由此推断抗菌肽饲料添加剂显著提高了肉鸡的生长性能。本研究为肉鸡养殖中抗菌肽的科学应用提供了量化依据,建议行业在减抗政策下将其作为安全高效的替代方案加以推广。

参考文献:

[1]布冠好, 李宏基, 杨国宇, 等. 抗菌肽的作用特点及应用前景[J]. 动物医学进展, 2005, 26(3): 26 -28.

[2]汪以真, 王中强, 许梓荣. 抗菌肽与抗生素的体外抗菌效果比较[J]. 中国兽医学报, 2004, 24(3): 270 -273.

[3]都海明, 戚广州, 王建军, 等. 抗菌脂肽对肉鸡生产性能和免疫机能的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(5): 1009 -1014.

[4]BAO H, SHE R, LIU T, *et al*. Effects of pig antibacterial peptides on growth performance and intestine mucosal immune of broiler chickens[J]. Poultry science, 2009, 88(2): 291 -297.

[5]王静. 抗菌肽对肉鸡生产性能和免疫功能的影响研究[D]. 青岛: 山东农业大学, 2007.

[6]韩雪娇, 马改彦, 周玉岩, 等. 抗菌肽对肉鸡生产性能和免疫功能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(7): 70 -74.

[7]李传普, 陈安国, 丁升艳, 等. 抗菌肽在肉鸡生产中的应用研究[J]. 饲料研究, 2008 (3): 31 -33.

[8]THACKER P A. Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2013, 4(1): 1 -12.

[9]XIAO H, SHAO F, WU M, *et al*. The application of antimicrobial peptides as growth and health promoters for swine[J]. Journal of animal science and biotechnology, 2015, 6(1): 1 -6.

[10]纵瑞, 胡忠泽, 张乃锋, 等. 抗菌肽的抗菌机制及其在反刍动物中应用的研究进展[J]. 饲料工业, 2021, 42(9): 30 -35.

[11]单安山, 马得莹, 冯兴军, 等. 抗菌肽的功能, 研发与应用[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2249 -2259.

[12]黄海龙, 陶淑霞, 贾宇, 等. 抗菌肽高表达量黄粉虫对肉鸡免疫功能的影响[J]. 中国兽医学报, 2014(12): 2000 -2004.

[13]李金莲. 日粮中添加不同水平抗菌肽对肉鸡生长性能及免疫力的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(6): 87 -88.

[14]郭忠欣, 王天奇. 抗菌肽对肉鸡生长性能、屠宰性能、肉品质和免疫功能的影响[J]. 饲料研究, 2021(8): 37 -40.

[15]任莉, 吴少玉, 赵丹凤, 等. 纳豆菌抗菌脂肽对肉鸡生长性能和免疫器官的影响[J]. 饲料工业, 2021, 42(2): 30 -34.

[16]宋琼莉, 陈小连, 周泉勇, 等. 抗菌肽及益生菌复合添加剂对青脚麻鸡生长性能, 屠宰性能及血清生化指标的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(3): 690 -697.

[17]宋士刚, 杨在宾, 杨维仁, 等. 添加不同水平抗菌肽对肉鸡生产性能, 屠宰性能及盲肠菌群影响的研究[J]. 饲料工业, 2012 (23): 16 -19.

[18]刘洹兵, 刘毅. 抗菌肽在肉鸡日粮中添加效果研究[J]. 湖南畜牧兽医, 2015 (4): 6 -9.

在饲粮中添加当归茎叶粉对肉羊生长性能、肉品质及经济效益的影响

盛 恒
（甘肃省酒泉市肃州区下河清镇农业农村综合服务中心，甘肃 酒泉 735000）

摘 要：研究旨在探究饲粮中添加当归茎叶粉对肉羊生长性能、肉品质及经济效益的影响。从肃州区某规模化羊场随机挑选 80 只体重和年龄一致的健康母羊，随机分为 4 组（4 个重复 ×5 只羊/重复），分别在饲粮中添加 0%（T0）、1%（T1）、2%（T2）和 4%（T4）当归茎叶粉，饲养周期为 60 d。结果发现，与 T0 组相比，T2 和 T4 组肉羊试验期间采食量和日均增重量均显著提高（$P<0.05$）；T2 组和 T4 组肉羊的胴体重、净肉率、屠宰率和眼肌面积均显著提高（$P<0.05$）；T1、T2 和 T4 组利润分别提高 5.53%、23.48% 和 11.03%，其中 T2 和 T4 组利润均显著提高（$P<0.05$）。以上结果表明，在饲粮中添加适当比例当归茎叶粉可显著提高肉羊生长性能和屠宰性能，且可增加养殖效益，其中添加比例以 2% 为宜。

关键词：当归茎叶粉；肉羊；生长性能；屠宰性能；经济效益
中图分类号：S816.71 **文献标识码**：B **文章编号**：1003－7950(2025)04－0017－04

Effects of Adding Angelica Sinensis Stem and Leaf Powder on the Growth Performance, Meat Quality and Economic Benefits of Meat Sheep

SHENG Heng
(Agriculture and Rural Comprehensive Service Center, Xiaheqing Town, Suzhou District, Jiuquan 735000, China)

Abstract: The study aims to investigate the effects of adding Angelica sinensis stem and leaf powder on the growth performance, meat quality, and economic benefits of meat sheep. 80 healthysheepwith the similar weight and age from a large－scale sheep farm in Suzhou District and divided into 4 groups (4 replicates x 5 sheep/replicate). 0% (T0), 1% (T1), 2% (T2), and 4% (T4) Angelica sinensis stem and leaf powder were added to the groups for 60 days, respectively. The results showed that compared with the T0 group, the feed intake and daily weight gain were significantly increased in the T2 and T4 groups. during the experimental period ($P<0.05$). The carcass weight, net meat percentage, slaughter rate, and eye muscle area of T2 and T4 sheep were significantly increased ($P<0.05$); The profits of T1, T2, and T4 groups increased by 5.53%, 23.48%, and 11.03%, respectively, with significant increases in profits for both T2 and T4 groups ($P<0.05$). The above results indicate that adding an appropriate proportion of Angelica sinensis stem and leaf powder can significantly improve the growth performance and slaughter performance of meat sheep, and can increase breeding efficiency. The appropriate addition ratio is 2%.

Key words: Angelica stem and leaf powder; Sheep; Growth performance; Slaughter performance; Economic performance

收稿日期：2025－01－15
作者简介：盛 恒（1983－），大学本科，畜牧师，主要从事基层畜禽养殖技术推广工作。E－mail：1134589967@qq.com

中草药因来源广泛、毒副作用低且无耐药性等特点,受到我国医药和养殖行业的广泛关注。近年来,随着国内中草药种植业和加工业的迅速发展,中草药加工副产品产量逐年增加,副产品不合理的处理方法(如掩埋)可导致资源浪费,甚至会造成二次污染[1]。中草药加工副产品中含量较低的药理活性成分作为饲料添加剂可有效提高畜禽肠道对营养物质的吸收能力、生长性能、屠宰性能和免疫力等[2-3]。当归为伞形科植物,含有多糖类和黄酮类等多种活性成分,具有活血化瘀和调经止痛等功效,广泛应用于医药与保健行业。当归不同部位药理成分含量差异较大,其根部主要作为药用,茎叶等部位往往被直接丢弃,导致资源浪费[4]。

甘肃部分地区为当归的主产区,每年产生大量的当归茎叶废弃物。赵祥民等[4]研究发现,在饲粮中添加 3% 当归茎叶粉可显著提高肉鸡日均采食量和增长性能,同时可提高其屠宰性能。基于此,本研究拟探究在日粮中添加当归茎叶粉对肉羊生长性能、屠宰性能和养殖效益的影响,旨在为当归茎叶粉应用于畜禽养殖业发展提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

2022 年 9 月中旬,本研究所用的当归茎叶在甘肃省酒泉市肃州区某当归养殖基地采摘。收集当归收割前地上 8 ~ 13 cm 处茎叶,将其平铺于通风处自然阴干,当茎叶水分低于 10% 后进行粉碎,保存于室温备用。

1.2　试验设计

本试验于 2023 年 4—7 月开展,将 80 只体重和年龄一致的健康肉羊平均分为 4 组,每组设置 4 个重复,每个重复有 5 只肉羊,在 4 组肉羊饲粮中分别添加 0%、1%、2% 和 4% 比例的甘草茎叶粉,分别为 T0 组、T1 组、T2 组和 T4 组,各组饲粮组成和营养水平见表 1。预试期和正试期分别为 6 d 和 54 d。各组羊群饲养于同一圈舍内,用塑料板隔开,采取相同的饲养管理模式,即每日 7:00 ~ 8:00 和 16:00 ~ 17:00 对羊群投喂,自由采食与饮水,定期接种疫苗和驱虫等。

表 1　　饲粮组成与营养成分

项目	T0 组	T1 组	T2 组	T4 组
原料组成				
玉米秸秆	46.00	46.00	46.00	46.00
玉米	25.00	24.00	23.00	21.00
豆粕	16.40	16.40	16.40	16.40
麦麸	10.00	10.00	10.00	10.00
磷酸氢钙	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐	0.60	0.60	0.60	0.60
预混料	1.00	1.00	1.00	1.00
当归茎叶粉	0.00	1.00	2.00	4.00
营养水平				
代谢能/(MJ/kg)	9.35	9.35	9.36	9.37
粗蛋白/%	11.25	11.26	11.27	11.27
粗脂肪/%	6.36	6.38	6.40	6.41
粗灰分/%	8.33	6.31	6.29	6.28
酸性洗涤纤维/%	9.52	9.49	9.46	9.43
中性洗涤纤维/%	18.90	18.92	18.94	18.98
钙/%	0.64	0.64	0.64	0.64
磷/%	0.30	0.29	0.29	0.29

注:1. 预混料为重庆华裕饲料厂产品;2. 营养水平为计算值。

1.3　指标测定

1.3.1　生长性能测定　于试验开始第 1 d 和试验结束第 1 d 晨饲前对各组羊群称重,其差值为体重增加量,进一步计算日均增重量、总采食量和日均采食量;根据日均采食量和日均增重量计算料重比。

1.3.2　屠宰性能测定　于试验结束第 1 d 晨饲前对各组羊群称重后,从每组选择 8 只(每个重复 2 只)体重一致且健康羊只用于屠宰后测定相关指标。对肉羊以颈动脉放血方式致死,去除并分别称量各组肉羊头、蹄、内脏和骨重;根据各组肉羊胴体重和净肉重分别计算屠宰率和净肉率等指标[5]。

1.3.3　养殖效益分析　根据当年肉羊市场价格粗略估算试验结束后各组肉羊市场价格;计算各组试验期间饲料成本和疫病防治成本,进一步计算养殖利润。

2　结果与分析

2.1　当归茎叶粉对肉羊生长性能的影响

结果如表 2 所示,各组肉羊试验前初重基本一

致,但 P2 组肉羊试验末重显著高于 P0 和 P1 组($P<0.05$),且 P4 组显著高于 P0 组($P<0.05$);P2 组和 P4 组肉羊日均增重显著高于 P0 组($P<0.05$);各组肉羊日均采食量差异较小,但 P2 组和 P4 组肉羊料重比显著低于 P0 组($P<0.05$)。

表 2 各组肉羊生长性能相关指标(n=20)

	初重/kg	末重/kg	日均增重/(g·d^{-1})	日均采食量/(g·d^{-1})	料重比
P0	17.05±0.83	29.53±1.08^{c}	208.26±11.83^{c}	1396.78±83.96	6.74±0.02^{a}
P1	16.97±1.09	29.92±1.97^{bc}	215.83±25.27^{bc}	1380.99±76.58	6.40±0.06^{ab}
P2	17.09±1.08	31.27±1.85^{a}	236.19±17.79^{a}	1395.82±89.67	5.90±0.04^{b}
P4	16.95±0.95	30.80±2.05^{ab}	230.83±20.28^{b}	1410.71±65.58	6.11±0.09^{b}

注:同列数据肩标字母不同则表示差异显著($P<0.05$);若肩标相同则表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

2.2 当归茎叶粉对肉羊屠宰性能的影响

结果如表 3 可知,与 P0 组相比,P1 组肉羊的酮体重和屠宰率、净肉重和净肉率、眼肌面积等指标差异均不显著($P>0.05$)。P2 组和 P3 组肉羊的酮体重和屠宰率、净肉重和净肉率、眼肌面积均显著提高($P<0.05$);但 P2 组和 P4 组肉羊的以上指标差异均不显著($P>0.05$)。

表 3 各组肉羊屠宰性能相关指标统计结果(n=8)

	宰前活重/kg	胴体重/kg	净肉重/kg	屠宰率/%	净肉率	眼肌面积/cm^2
P0	30.11±0.56	13.69±0.97^{b}	9.38±0.41^{b}	45.45±1.20^{b}	68.57±1.30^{b}	16.36±0.57^{b}
P1	30.24±0.47	13.84±0.65^{b}	9.54±0.47^{b}	45.78±0.63^{b}	68.94±0.84^{b}	16.51±0.62^{b}
P2	30.48±0.69	14.91±0.87^{a}	10.64±0.38^{a}	48.93±0.87^{a}	71.62±1.08^{a}	17.39±0.75^{a}
P4	30.42±0.57	14.84±0.59^{a}	10.58±0.62^{a}	48.81±1.05^{a}	71.32±1.10^{a}	17.26±0.41^{a}

2.3 当归茎叶粉对肉羊养殖效益的影响

结果如表 4 所示,在饲粮中添加当归茎叶粉可降低肉羊养殖过程中的防疫成本,虽然其饲料总成本增加,但提高了肉羊增重的收入,使总利润有所提高,其中 P2 组利润提高效果最佳。

表 4 当归茎叶粉对肉羊养殖效益的影响

	饲料单价/(元/千克)	总采食量/(千克/只)	饲料总成本/(元/只)	防疫成本/(元/只)	总增重/(千克/只)	活羊单价/(元/千克)	增重收入/(元/只)	总利润/(元/只)
P0	2.38	83.76	199.34	13.26	12.48	30	374.4	161.80
P1	2.48	82.80	205.34	12.41	12.95	30	388.5	170.75
P2	2.58	83.70	215.94	8.76	14.18	30	424.5	199.80
P4	2.68	84.60	226.72	9.13	13.85	30	415.5	179.65

3 讨论

3.1 当归茎叶粉对肉羊生长性能的影响

中草药的非药用部分仍然具有较高的药用价值,虽提取有效活性成分成本相对较高,但其仍然具有一定的开发潜力,如作为饲料添加剂应用于畜禽养殖[6]。研究发现,当归茎叶中含有多种活性成分,其中包括多糖类、黄酮类和萜类等生物活性物

质[7]。笔者及团队通过实验探究发现,在饲粮中添加适量的当归茎叶粉可有效提高肉羊的生长性能和屠宰性能,这与王磊卿等[2]研究结果一致,其发现当归茎叶粉可提高肉鸡的生长性能,同时改善机体抗氧化能力等。这可能是当归茎叶中富含的黄酮类和多糖类物质所导致的,因为大量研究已证实黄酮类和多糖类活性物质可提高畜禽的生长性能和肉品质等相关指标[8-10]。然而,本研究发现高含量当归茎叶粉(4%)会导致肉羊的料重比提高,当归茎叶纤维素含量较高,高比例的当归茎叶粉可能影响肉羊对营养物质的吸收率,从而影响其生长性能。

3.2　当归茎叶粉对肉羊屠宰性能的影响

肉羊屠宰性能相关指标包括屠宰前活重、眼肌面积、胴体重和净肉重,其中胴体重和净肉重是影响养殖效益的重要指标。研究表明,影响肉羊屠宰性能的因素有多种,屠宰性能与肉羊品种、年龄和日粮组成等密切相关[11]。李斐等[12]研究发现,在荞麦秸秆中添加适量比例的甘露寡糖可显著提高滩羊的眼肌面积;侯鹏霞等[13]研究发现,在饲粮中添加氨基酸锌可提高育肥羊肉骨比和眼肌面积,同时显著提高背膘厚。本研究发现,在饲粮中添加 2% 或 4% 当归茎叶粉均可显著提高肉羊的屠宰率、净肉率和眼肌面积。一方面,当归茎叶中所含的黄酮类化合物可能具有提高畜禽屠宰性能的能力[9];另一方面,当归茎叶富含蔗糖和多种氨基酸,而这些是肉羊生长发育所必需的营养物质,这可能也进一步提高了肉羊的屠宰性能。

3.3　当归茎叶粉对肉羊养殖效益的影响

本研究所用当归茎叶购自当地的当归种植基地,综合运输和加工成本,甘草茎叶粉最终成本为 10 元/千克;由于当归茎叶粉可有效提高肉羊的体重,在肉羊销售价格相同的情况下,体重越高则收益越大,因此在一定程度上填补了饲料成本。此外,研究还发现,在饲粮中添加当归茎叶粉可有效降低肉羊发病(如发热、咳嗽和腹泻等)率,因此,在一定程度上节约了疫病防治成本。综上,添加 2% 当归茎叶粉养殖的肉羊获得的经济效益最高,较对照组可提高 38 元/只;而 4% 比例当归茎叶粉组不仅饲料成本较 2% 组有所提高,且其对肉羊增重效果也不如 2% 组。由此可见,在饲粮中添加当归茎叶粉的比例为 2% 时可获得相对较高的养殖效益。

4　小结

在饲粮中添加 2% 和 4% 比例的当归茎叶粉均可显著提高肉羊的生长性能,并改善屠宰性能,且可提高养殖企业(户)养殖肉羊的经济收入,其中添加比例以 2% 更加适宜。

参考文献:

[1]王娜, 黎天, 尤宏争, 等. 甘草 3 种中草药加工副产物关键药效成分含量分析[J]. 中国饲料, 2023(12): 76-80.

[2]王磊卿, 郝科阳, 马慧, 等. 发酵柴胡茎叶对蛋鸡生长性能、蛋品质和肠道健康的影响[J]. 动物营养学报, 2024, 36(3): 1628-1640.

[3]邱玉朗, 李林, 李博, 等. 发酵中草药渣对仔猪生长性能、血液生化及免疫指标的影响[J]. 中国饲料, 2023(11): 129-134.

[4]赵祥民, 李璐璐, 张家玮, 等. 日粮中添加当归茎叶粉对肉鸡生长性能、屠宰性能、血清生化指标及抗氧化指标的影响[J]. 饲料工业, 2023, 44(22): 39-46.

[5]王泽仁, 李勇, 赵庆枫, 等. 巨菌草发酵饲料对绵羊生长性能、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响[J]. 饲料研究, 2022, 45(24): 22-26.

[6]GUO L, HUA J, LUAN Z, *et al*. Effects of the stems and leaves of Astragalus membranaceus on growth performance, immunological parameters, antioxidant status, and intestinal bacteria of quail[J]. Anim Sci J, 2019, 90(6): 747-756.

[7]ZHOU G S, YANG N Y, TANG Y P, *et al*. Chemical constituents from the aerial parts of Angelica sinensis and their bioactivities[J]. Chinese Journal of National Medicines, 2012, 10(4): 295-298.

[8]叶金玲, 范秋丽, 王一冰, 等. 磷脂与大豆异黄酮对黄羽肉鸡生长性能、肉品质及抗氧化功能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51(5): 1857-1867.

[9]申帅峰, 谭凯, 杨新宇, 等. 万寿菊黄酮对伊拉肉兔屠宰性能、脏器指数、肉品质及肉营养成分的影响[J]. 饲料研究, 2024, 47(3): 63-67.

[10]许万鑫, 时言超, 张爱忠, 等. 蒲公英多糖对仔猪生长性能、血清抗氧化和免疫功能的影响[J]. 饲料工业, 2024, 45(11): 32-36.

[11]陈德, 张也. 肉羊生产性能影响因素分析[J]. 中南农业科技, 2023, 44(3): 86-88.

[12]李斐, 杨万宗, 田黛君, 等. 荞麦秸秆饲粮中添加甘露寡糖对滩羊生长性能、消化代谢、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(4): 2126-2135.

[13]李鹏霞, 李毓华, 王建东, 等. 饲粮添加氨基酸锌对育肥羊屠宰性能、肉品质及血液和组织中微量元素含量的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(1): 563-571.



青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖的自动化、智能化情况调研报告

郝文君,宋啟珠,张莲芳,郭继军,卫世腾,洛藏旦增,余 玮,丁海媛
(青海省畜牧总站,青海 西宁 810001)

摘 要:肉牛(牦牛)、肉羊养殖是青海省畜牧业发展的重要环节。随着养殖业集约化、规范化、规模化的发展,养殖设备设施亟待改造提升。本文对青海省 77 家肉牛(牦牛)、肉羊规模化养殖场(合作社)的自动化和智能化情况,包括饲草料加工及饲喂设备、粪污及环境控制设备、繁育与称重设备和疫病防控和放牧管理等设备进行调研。结果发现,青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖自动化和智能化起步较晚,水平较低,有很大提升空间。同时,针对青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖自动化和智能化发展中存在的问题,从政策和资金扶持、技术创新等方面提出了发展的需求和优化措施,为提高牛羊养殖自动化和智能化水平及促进牛羊产业优质、高效、绿色、健康可持续发展提供参考。

关键词:自动化;智能化;肉牛(牦牛);肉羊;问题;对策
中图分类号:S818 **文献标识码**:C **文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0021 - 03

自动化养殖是通过机械装置和自动控制系统,自动完成投喂饲料、清理粪便和控制环境参数等工作[1];智能化养殖是利用传感器收集养殖环境和动物生长的数据,通过分析数据和算法,实现精准决策[2],如通过智能耳标系统,监测动物体温等身体状况,一旦出现异常情况立即预警,并给出解决方案。与传统放牧养殖方式相比,自动化、智能化养殖可提高肉牛(牦牛)、肉羊生产效率,降本增效,优化资源利用;促进可持续发展,精准治理环保,优化数据决策,保障食品安全[3-4]。目前青海省肉牛(牦牛)、肉羊主要采用传统的放牧、舍饲和半舍饲半放牧养殖方式,人工投料、人工放牧等手段,很大程度上因设施设备因素影响了青海省肉牛(牦牛)、肉羊产业的发展。目前,对于青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖自动化、智能化的数据支撑较少,且现状不明。此调研报告收集整理了青海省 77 家规模养殖场(合作社)调查问卷,分析了青海省肉牛(牦牛)、肉羊养殖相关基础设施设备的自动化、智能化改造提升问题,为进一步促进青海省肉牛(牦牛)、肉羊的持续、稳定和健康发展,建立与现代畜牧业转型升级、结构调整、区域布局和生产方式相适应的自动化、智能化养殖方式提供参考和借鉴。

1 调研方法与内容

1.1 调研方法和调研对象

采取填写问卷星调研方式,对青海省 77 家肉牛(牦牛)、肉羊规模化养殖场(合作社)进行了调查研究以及数据分析。

1.2 调研主要内容

1.2.1 养殖场基本情况 养殖场名称、其所在具体位置及主要养殖畜种。

1.2.2 养殖设施设备情况 主要包括饲草料加工及饲喂设备、粪污及环境控制设备、繁育与称重设备、疫病防控和放牧管理设施设备的应用情况,以及养殖场户对于自动化、智能化养殖的设施设备需求。

2 调研结果与分析

收集整理青海省 77 家规模养殖场(合作社)调查问卷,其中西宁市 9 家,海东市 29 家,海西蒙古族藏族自治州 7 家,海北藏族自治州 9 家,海南藏族自治州 5 家,黄南藏族自治州 5 家,果洛藏族自治州 8 家,玉树藏族自治州玉树市 5 家。涉及牦牛养殖主体 20 家,肉牛养殖主体 9 家,肉羊养殖主体 37 家,肉牛和肉羊混养养殖主体 11 家。

2.1 智能化、自动化养殖设施设备应用情况

收稿日期:2025 - 03 - 22
作者简介:郝文君(1997 -),硕士研究生,助理畜牧师,主要从事畜禽粪污资源化利用研究推广工作。E - mail: 1902694338@qq.com

2.1.1　饲草料加工及饲喂设备应用情况　据调研,18 家有可移动装配式牛羊圈舍,占比为 23.38%;12 家建有独立的饲料加工车间,占比为 15.58%;16 家配备了 TMR 全日粮搅拌机,占比为 20.77%;20 家配备了饲料粉碎机,占比为 25.97%;3 家配备了青贮池取料机,占比为 3.9%;1 家配备有网络系统的智能化饲草料加工系统,占比为 1.3%;23 家配备了自动撒料机或电动车,占比为 29.87%;6 家配备了恒温饮水槽、自动饮水碗和自动止水阀,占比为 7.79%。由此可知,青海省肉牛(牦牛)、肉羊规模养殖场饲草料自动化加工设备占比较低,智能化率较低,绝大多数养殖场无饲草料加工车间,牲畜饲喂饮水以人工投料投水和饮用天然河渠水为主,饲喂成本高,人力投入多,自动化、智能化饲草料加工和饲喂程度低,信息技术和畜牧业自动化、智能化养殖结合度低。

2.1.2　粪污及环境控制设备应用情况　据调研,有 6 家配备了装载机、铲车等,占比为 7.79%;2 家配备了全自动清粪系统,占比为 2.59%;1 家配备了堆肥发酵设备和制粒机等,占比为 1.3%;4 家配备了温湿度计,占比为 5.19%;3 家配备了环境监测、通风、降温保温等设施设备,占比 3.9%。肉牛、肉羊主要在青海省东部地区和农牧交错区养殖,在通风良好条件下能够健康生长发育。青海省牛羊粪污主要通过堆肥还田、天然还草、有机肥加工和牧民生活燃料等方式利用,对生态环境污染的风险隐患较小。随着规模化养殖的不断发展,粪污收集处理和环境控制等方面的设施装备亟待提升,以适应草原畜牧业转型升级的新形势和新变化。

2.1.3　繁育与称重设备应用情况　据调研,有 2 家配备精液品质分析仪和妊娠诊断仪,占比为 2.59%;1 家配备了 B 超孕检设备,占比为 1.3%;1 家配备了发情检测仪,占比为 1.3%;1 家配备了牛自动称重分群设备,占比为 1.3%;19 家配备了电子地磅,占比为 24.68%。目前,青海省肉牛(牦牛)、肉羊人工授精、胚胎移植等技术应用程度较低,大部分地区以自然本交为主。青海省虽然大力推广牦牛人工授精技术,但相应设备在养殖场配备不足,智能称重系统配备极少。

2.1.4　疫病防控和放牧管理设备应用情况　据调研,有 21 家配备了自动消毒喷雾器(消毒喷洒车),占比为 27.27%;3 家配备了体温检测仪,占比为 3.89%;1 家配备了大疆无人机,用于防狼驱狼和实时监控放牧牛羊,占比为 1.3%;1 家配备有 300 个瘤胃胶囊,实现了瘤胃的实时监测和溯源,提高了养牛效率和牛肉价格,占比为 1.3%;57 家养殖场配备了监控设备,占比为 74.03%。青海省牦牛养殖主要采取天然放牧方式,肉牛肉羊以“天然放牧 + 半舍饲”养殖为主,东部农区部分育肥场以全舍饲养殖为主,疫病防控和放牧管理设备普遍缺少。

2.2　自动化智能化养设施设备的需求

设备需求:(1)饲草加工一体化揉丝机、铡草机、粉碎机、饲料搅拌机、制粒机、青贮池取料机、自动撒料机、恒温饮水槽、饲草料输送、定时定量投喂等自动智能饲喂系统相关设备。(2)饲养环境控制系统、温湿度调控系统和通风系统相关设备。(3)装载机、清粪车、自动清粪系统、污水处理、堆肥发酵等设备。(4)自动消毒喷雾器(消毒喷洒车)、体温检测仪等疫病防控设备。(5)精液品质分析仪、妊娠诊断议、B 超孕检设备、发情检测仪等繁殖设备。(6)智能项圈、电子耳标、瘤胃胶囊等饲养追溯相关设备。(7)无人机、电子称重自动分群等放牧管理设备。(8)智能屠宰加工系统设备。

3　主要存在的问题

3.1　青海省内肉牛(牦牛)、肉羊规模化场(合作社)等养殖主体普遍综合实力不强,配备和更新自动化、智能化生产设备的能力较弱。

3.2　绝大多数养殖从业人员对自动化、智能化养殖促进生产和产业发展的重要性认知不够,传统粗放管理方式未及时转变。

3.3　设备购买渠道少,应用度低,部分地区无网络、无电,养殖工人文化素质不高,造成了自动化、智能化适用设备的知晓率低、推广面窄。

3.4　各级政府对牛羊养殖自动化、智能化设备推广的政策倾斜力度不够,专项补贴政策不足。

4　意见及建议

4.1　强化政策扶持

加大对肉牛肉羊产业、设施畜牧业、自动化和智能化设备、装配式牛羊圈舍等政策扶持力度,探索试点建设项目,利用农机补贴对养殖场(合作社)自动化、智能化设备技术给予扶持。各级政府加强部门协同,加快实现牧区养殖场(合作社)通水、通电、通

路和通讯“四通”目标,为实现自动化、智能化养殖打下基础。

4.2 加大技术投入

科研机构、高校及牛羊养殖主体加强产学研合作,围绕养殖实际和生产需求,加大低成本、高性能、高稳定性、操作简便的自动化、智能化设备技术研发、制作、推广、应用和维护。

4.3 建立示范基地

坚持因地制宜、分类扶持、突出特点的原则,择优遴选条件适宜的高寒牧区牦牛、藏羊养殖场(合作社),建立一批自动化、智能化牦牛和藏羊示范基地,对新技术、新设备进行试验、验证和完善,为高寒牧区自动化、智能化养殖提供可借鉴、可复制的成功经验和技术模式。

4.4 加强技术培训

通过举办培训班、线上线下技术讲座、建立技术咨询服务平台等多种方式,提供操作技能、设备维护保养知识及数据分析应用等课程培训,不断提升养殖人员的技术应用能力和综合素质,确保自动化、智能化养殖技术有效落地。

5 展望

自动化、智能化养殖是未来畜牧业养殖的大趋势和潮流。青海省作为我国重要的畜牧业基地和高原生态屏障,其自动化、智能化养殖转型不仅是产业升级的必然选择,更是实现生态保护与经济效益双赢的关键路径。就目前青海省养殖场自动化、智能化设备整体配备不足的实际情况,要按照“缺什么、补什么”的原则,强弱项、补短板。为牦牛养殖场补齐精准饲喂、繁殖及称重、放牧管理、远控控制和疫病防控等自动化、智能化设备;为肉牛场、肉羊场补齐精准饲喂、饲草料加工收贮、繁殖、称重、粪污处理、环境控制、疫病防控、放牧管理和远程控制等方面的自动化、智能化设备。

参考文献:

[1]王涛. 自动化技术在畜禽养殖中的应用及发展途径研究[J]. 现代畜牧科技, 2020(8): 18 - 19.

[2]孙晓转, 牛星, 刘泉城. 智能养殖在畜禽生产中的应用[J]. 养殖与饲料, 2024, 23(8): 49 - 52.

[3]吴建坤, 邓宏强, 黄洪锋, 等. 山塘水库集约化生态养殖中智能和自动化设备集成应用技术[J]. 科学养鱼, 2024(9): 23 - 25.

[4]赵荔娜. 畜牧养殖自动化上料技术的应用策略[J]. 农业工程技术, 2024, 44(29): 54 - 55.

(上接第 7 页)

[17]王小博, 侯娅, 王文祥, 等. 藏药红景天的药理作用及其机制研究进展[J]. 中国药房, 2019, 30(6): 851 - 856.

[18]史才兴, 梁水菁, 李建璋, 等. 红景天苷药理作用及其机制研究进展[J]. 菏泽医学专科学校学报, 2021, 33(4): 67 - 70.

[19]YUAN Q, XIE F, TAN J, *et al*. Extraction, structure and pharmacological effects of the polysaccharides from Cordyceps sinensis: A review[J]. Journal of Functional Foods, 2022(89): 104909.

[20]PIC C, SERRA F, RODRGUEZ A M, *et al*. Biomarkers of nutrition and health: new tools for new approaches[J]. Nutrients, 2019, 11(5): 1092.

肃州区牛隐孢子虫感染情况调查与分析

王剑峰[1],李建华[1],张建明[2]
(1. 张家川回族自治县胡川镇农业农村综合服务中心,甘肃 天水 741500;
2. 酒泉职业技术大学,甘肃 酒泉 735000)

摘　要:为调查 2022 年 6 月—2024 年 6 月肃州区牛隐孢子虫流行情况,从肃州区 28 个牛场收集粪便样品 401 份,采用饱和蔗糖漂浮法对样品中隐孢子虫感染情况进行检测。结果发现,12 个牛场的 65 份粪便样品为隐孢子虫阳性,形态学鉴定均为微小隐孢子虫,场阳性率和样品阳性率分别为 42.86% 和 16.21%;青年牛和成年牛隐孢子虫阳性率均显著低于犊牛($P<0.05$),分别为 16.88%、10.06% 和 26.14%;肉牛和奶牛隐孢子虫感染率差异不显著($P>0.05$);不同季节中以春季和冬季牛隐孢子虫感染率更高,分别为 26.51% 和 24.36%;临床表现为腹泻的牛群隐孢子虫感染率显著高于非腹泻牛群($P<0.05$),分别为 34.12% 和 11.71%。以上结果表明,肃州区牛隐孢子虫流行情况相对严重,且主要流行株为微小隐孢子虫,可对人畜健康造成巨大的威胁,需引起相应的重视,此研究为该病的防控提供依据。

关键词:牛隐孢子虫;感染情况;风险因素
中图分类号:S852.72+3　　**文献标识码**:C　　**文章编号**:1003-7950(2025)04-0024-04

隐孢子虫是一种十分常见的人畜共患性寄生虫,其中牛隐孢子虫病是由牛隐孢子虫感染引起的一种常见的牛消化道疾病,其临床症状包括顽固性腹泻、生长发育迟缓和消化不良等,对犊牛危害大,病死率高[1]。可感染牛的隐孢子虫共有 4 种,分别为微小隐孢子虫、安氏隐孢子虫、瑞氏隐孢子虫和牛隐孢子虫,不同地区流行的优势虫株具有一定差异,其中,国内微小隐孢子虫和牛隐孢子虫为优势种[2]。隐孢子虫的传播途径为粪口传播,病畜粪便中含有大量卵囊,可污染水源、土壤、饲料或食物等,易感动物通过食用含虫卵的水或食物而感染该病[3]。此外,隐孢子虫会感染人,该病原被认为是导致儿童腹泻的主要病原,因此隐孢子虫的流行严重威胁养殖业的发展和公共卫生安全[4]。

2022 年 9 月,马忠等[5]首次对甘肃省武威市某奶牛场隐孢子虫流行情况进行调查发现,20 份犊牛粪便样品隐孢子虫感染率为 70%(14/20),且所有虫株均为微小隐孢子虫,提示微小隐孢子虫的流行与该奶牛场犊牛腹泻密切相关[5]。但目前未见酒泉市牛隐孢子虫流行情况的相关报道,因此,本研究从肃州区部分乡(镇)牛场采集新鲜粪便样品用于检测隐孢子虫流行情况,通过观察形态学特征对流行虫株进行鉴定,旨在为进一步制定相应的防控措施提供依据。

1　材料与方法

1.1　样品来源

2022 年 6 月—2024 年 6 月,本研究从甘肃省酒泉市肃州区部分乡(镇)的 28 个牛场采集新鲜粪便样品 401 份。用无菌手套直接在地上采集牛新排出的粪便,每份样品约 30 g,装进洁净的封口袋内,标记相关信息(如采样时间、地点、季节和牛的临床症状等)后低温送至实验室,保存于 4 ℃下,待检。

1.2　隐孢子虫检测

采用饱和蔗糖溶液漂浮法对样品进行处理,同时对隐孢子虫卵囊进行形态学观察,其简要流程如下:取 2~3 g 粪便样品至烧杯中,加入 20 mL 蒸馏水,用玻璃棒充分搅拌;将粪水混合液过 40 目筛,取滤液以 3 000 r/min 离心 3 min;缓慢倒掉上清液,加入饱和蔗糖溶液,用新的玻璃棒充分搅匀,以 3 000 r/min 离心 5 min,用吊环蘸取液体表面液膜,点在载玻片上,并盖上盖玻片,于 400 倍显微镜下观察是否存在隐孢子虫卵囊,并根据虫卵形态学特征进行初步鉴定[6]。

1.3　数据分析

收稿日期:2025-01-06
作者简介:王剑峰(1990-),大学本科,主要从事动物防疫工作。E-mail:1193748639@qq.com

采用 excel 2000 软件对不同乡(镇)采集的数据进行整理和分析,将整理的数据输入 SPSS 21.0 软件,分析发育阶段、品种和是否有临床症状等因素对牛隐孢子虫检出率的影响;采用 t 检测进行组间检出率差异显著性分析,当 $P<0.05$ 时差异显著,若 $P>0.05$则差异不显著。

2 结果

2.1 肃州区部分乡(镇)牛隐孢子虫感染情况调查结果

结果表明,从 12 个牛场的 65 份粪便样品中观察到圆形或近圆形的卵囊,囊壁光滑,且周围有淡色光圈,通过卵囊大小、形态和周围颜色等特征综合判断其为微小隐孢子虫[6]。牛隐孢子虫场阳性率和样品阳性率分别为 42.86%(12/28)和 16.12%(65/401)。进一步分析不同乡(镇)牛隐孢子虫流行情况差异(见表 1),可见 3 个乡(镇)牛隐孢子虫场阳性率为 37.5% ~50.0%($P>0.05$);样品阳性率为 14.42% ~17.28%,且不同地区牛隐孢子虫感染率差异不显著($P>0.05$)。

表 1 肃州区部分乡(镇)牛隐孢子虫感染情况调查结果

	调查牛场/个	阳性牛场/个	场阳性率/%	调查样品/份	阳性样本/份	阳性率/%
乡(镇)A	10	5	50.00	144	22	15.28
乡(镇)B	10	4	40.00	162	28	17.28
乡(镇)C	8	3	37.50	104	15	14.42
合计	28	12	42.86	401	65	16.21

2.2 不同发育阶段、品种和临床症状下牛隐孢子虫感染情况调查结果

分析风险因素(牛的发育阶段、品种和临床症状)对肃州区牛隐孢子虫感染情况的影响,结果如表 2 所示,犊牛(0—6 月龄)、青年牛(6—18 月龄)和成年牛(18 月龄以上)来源粪便样品数量分别为 88 份、154 份和 159 份,隐孢子虫检出率分别为 26.14%(23/88)、16.88%(26/154)和 10.06%(16/159),数据分析结果提示不同发育阶段牛隐孢子虫感染率差异显著($P<0.05$)。

按照不同品种分为肉牛和奶牛,隐孢子虫感染率分别为 17.07%(35/205)和 15.31%(30/196),不同品种牛隐孢子虫感染率差异不显著($P>0.05$);按照是否出现临床症状可将被调查牛群分为腹泻和非腹泻牛群,结果发现,隐孢子虫感染率分别为 34.12%(29/85)和 11.71%(37/316),且不同临床症状牛群隐孢子虫感染率差异显著($P<0.05$)。

表 2 不同发育阶段、种类和临床症状牛隐孢子虫感染情况调查结果

		调查样品乡/份	阳性样品/份	阳性率/%	P 值
不同发育阶段	犊牛	88	23	26.14	<0.05
	青年牛	154	26	16.88	<0.05
	成年牛	159	16	10.06	–
品种	肉牛	205	35	17.07	>0.05
	奶牛	196	30	15.31	–
临床症状	腹泻	85	29	34.12	<0.05
	非腹泻	316	37	11.71	–

2.3 不同季节牛隐孢子虫感染情况调查结果

将被调查样品按照采样时间进行区分,可分为春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)和冬季(12 月、1—2 月),调查样品数量分别为 83 份、106 份、134 份和 78 份。调查结果发现,春季的 22 份、夏季的 10 份、秋季的 14 份和冬季的 19 份样品检测为隐孢子虫阳性,平均检出率分别为 26.51%(22/83)、9.43%(10/106)、10.45%(14/134)和 24.36%(19/78)。数据分析结果显示,夏季和秋季来源样品隐孢子虫检出率差异不显著($P>0.05$),

春季和冬季来源样品隐孢子虫检出率均显著高于夏季来源样品($P<0.05$)。详见表 3。

表 3　　不同季节牛隐孢子虫感染情况调查结果

	调查样品/份	阳性样品/份	阳性率/%	P 值
春季(3—5 月)	83	22	26.51	<0.05
夏季(6—8 月)	106	10	9.43	–
秋季(9—11 月)	134	14	10.45	>0.05
冬季(1, 2, 12 月)	78	19	24.36	<0.05

3　讨论

近年来,酒泉市牛养殖业发展迅速,其中 2023 年酒泉市牛饲养量超过 31.8 万头,相关养殖场(户)数量超过 9.7 万个,牛养殖业为酒泉市部分地区经济发展和实现乡村振兴做出了突出贡献[7]。然而,牛在养殖过程中可能被多种病原感染,且部分病原会感染人,对牛养殖业的健康发展和公共卫生安全造成巨大的威胁[8]。其中隐孢子虫病在牛养殖过程中十分常见,常见临床症状包括犊牛食欲减退、腹泻、高死亡率、奶牛泌乳量下降等;此外,病牛粪便中携带的隐孢子虫卵囊在外界可发育为感染性卵囊,对其他健康牛群和人类健康造成巨大的威胁[9]。

本研究通过饱和蔗糖溶液漂浮法对肃州区 3 个乡(镇)的 28 个牛场共 401 份粪便样品中的隐孢子虫感染情况进行调查发现,12 个牛场的 65 份样品含有隐孢子虫卵囊,场阳性率和样品阳性率分别为 42.86% 和 16.21%,且根据卵囊的形态学特征可鉴定所有卵囊均为微小隐孢子虫,以上结果说明微小隐孢子虫广泛流行于肃州区部分牛场,这与马忠等[5]的研究结果一致,即甘肃某奶牛场仅流行微小隐孢子虫。徐春艳等[10]研究发现,新疆库车市 2 个规模化牛场来源新鲜粪便样品隐孢子虫检出率为 33.7%(33/98),且被调查牛场同时存在安氏隐孢子虫、微小隐孢子虫、牛隐孢子虫和芮氏隐孢子虫,其中安氏隐孢子虫为优势虫种。贾丁等[11]对四川省奶牛犊牛隐孢子虫流行情况进行调查和分析发现,该地区奶牛隐孢子虫感染率为 14.4%(40/278),共鉴定到 3 种隐孢子虫,分别为牛隐孢子虫、微小隐孢子虫和芮氏隐孢子虫,其中牛隐孢子虫为优势虫种。以上研究结果表明,国内牛隐孢子虫流行情况十分严重,但不同地区的流行情况和优势虫种均存在一定差异,这可能与调查样品数量、地区和牛的品种不同等有关。

进一步分析不同风险因素(发育阶段、品种和临床症状)对牛隐孢子虫感染情况的影响,发现犊牛隐孢子虫感染率最高,育成牛次之,而成年最低,这与李华松等[12]的调查结果一致,原因可能有以下两点:(1)本研究发现的隐孢子虫均为微小隐孢子虫,而微小隐孢子虫主要感染断奶犊牛[13],这可能是本研究中犊牛微小隐孢子虫感染率较高的原因之一;(2)犊牛免疫抵抗力较差,对环境中的病原(包括微小隐孢子虫)更加易感,导致犊牛感染率相对其它发育阶段牛群更高。

本研究发现,肃州区临床腹泻牛群隐孢子虫感染率显著高于非腹泻牛群,这主要是由于微小隐孢子虫感染与牛腹泻症状(尤其是犊牛)密切相关,故临床腹泻牛群出现感染隐孢子虫的风险更高。此外,肃州区春季和冬季牛隐孢子感染率显著高于夏季和秋季,这是由于冬季和春季牧草不足,牛群无法摄入足够的营养物质,且气候相对寒冷,牛群免疫力低下,对隐孢子虫的易感性更高;且冬季和春季牛场封闭性更高,空气流动不畅,导致隐孢子虫卵囊通过尘土或飞沫传播的风险提高。肃州区奶牛的隐孢子虫感染率和肉牛差异不显著,这主要是由于不同品种的牛对隐孢子虫均易感,因此,肉牛和奶牛养殖场均需要提高对隐孢子虫病的防控意识。

本研究初步调查了肃州区部分乡(镇)牛隐孢子虫的流行情况,发现隐孢子虫在部分牛场流行,流行的优势虫种为微小隐孢子虫;且季节、牛的年龄阶段和临床症状(是否腹泻)是肃州区牛感染隐孢子虫的主要风险因素。因此,养殖企业(户)在春、冬季节更需加强对牛隐孢子虫病的防控,且着重关注腹泻犊牛隐孢子虫病的防控,并制定将犊牛和其他牛群分开饲养等相应的防控措施。

(下转第 35 页)



乙酰氨基阿维菌素的研究与进展

马豆豆[1,2],李春花[1,2],林伟山[1,2],韩 元[1,2],雷萌桐[1,2*]
(1. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016;
2. 青海省动物疾病病原诊断与绿色防控技术研究重点实验室,青海 西宁 810016)

摘 要:乙酰氨基阿维菌素(Eprinomectin,EPR)是一种大环内酯类抗寄生虫药物,是由 B1a(>90%)与 B1b(<10%)组成的混合物,是欧盟批准的唯一可用于泌乳奶牛应用且无需弃奶的广谱驱虫药物,具有高效、广谱和低残留的特点。本文主要阐述 EPR 的理化性质、作用机制、药物动力学、制剂方面、检测技术及在兽医中的应用,为动物寄生虫病的防治提供数据支持,使抗寄生虫药物能够更高效、广谱、低残留地发挥作用。

关键词:乙酰氨基阿维菌素;作用机理;研究进展
中图分类号:S859.7 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-7950(2025)04-0027-09

0 引言

近年来,随着人们对畜产品质量的要求不断提高,牛羊寄生虫等疾病防治技术开始朝着高效、安全、低残留方向发展。目前,在家畜寄生虫病防治工作中“年年驱虫、年年有虫”的困境依旧存在,并仍以化学药物驱虫为主,这些防治药物可分为苯并咪唑类、大环内酯类和烟碱受体激动剂三大类,但长期使用后,常见寄生虫对其耐药性不断增强,并且还会引起药物残留与环境安全问题。病原体与药物残留是影响食品安全的重要因素,我国自 2020 年起限制使用抗生素,并积极推动天然饲料添加剂和兽药的开发,鼓励筛选高效、低毒、低残留的防治药物,乙酰氨基阿维菌素因其驱虫具有高效、广谱、低残留特性而受到广泛关注。

1 乙酰氨基阿维菌素的物理化学性质

1996 年,美国 Merck 公司 R&D 研发出一种新型的阿维菌素类药物,它是大环内酯类抗生素的一种。这种药物是在阿维菌素(Avermectin B1)的基础上,将 C-4 位置的羟基替换为乙酰氨基,因此被命名为乙酰氨基阿维菌素[1]。乙酰氨基阿维菌素主要成分是 B1a 和 B1b,其中 B1a 占比超过 90%,其原材料在正常环境中呈现出白色的结晶状,熔点为 173 ℃,密度为 1.23 g/cm^3。乙酰氨基阿维菌素因其分子结构含有较强的亲脂基团,脂溶性高,可溶于多种有机溶剂如甲醇、乙醇、丙二醇、乙酸乙酯等,特别是丙二醇,溶解程度极高(超过 400 g/L),而在水中则几乎无法溶解。由于乙酰氨基阿维菌素易光解易氧化,因此制备的原材料必须在阴暗的环境下进行储藏和抽取真空。

2 乙酰氨基阿维菌素的作用机制

乙酰氨基阿维菌素(EPR)主要是通过与无脊椎动物的谷氨酸门控氯离子通道(GluCls)相互作用,使寄生虫出现麻痹和死亡。EPR 会与虫体神经元突触或神经肌肉突触上的特定受体产生结合,触发神经末梢释放 γ-氨基丁酸(GABA),这个由 GABA 控制的氯离子通道会被打开,导致线虫无法正常地收缩和放松肌肉,最终虫体因无法进食或其它功能出现异常而死亡。在哺乳动物的神经系统中,乙酰胆碱是外部神经传导的核心递质,而 GABA 仅存于中枢神经系统。鉴于哺乳动物具有血脑屏障[2-3],故阿维菌素类药物的治疗剂量相对于其他药物来说,更具安全性[4]。研究表明,P2 糖蛋白是一种存在于小鼠的血脑屏障内的物质,能够阻止阿维菌素家族的药品在其心神经系统内的堆积,从而合理地

收稿日期:2025-02-18
基金项目:青海省科技厅项目(2025-NK-116)
作者简介:马豆豆(1992-),硕士研究生,实验师,主要从事高原动物疫病防控研究。E-mail:mdd092625@163.com
通信作者:雷萌桐(1985-),副研究员,主要从事动物疫病防控研究。E-mail:leimengtong@163.com

说明了阿维菌素类药品的脂溶性强,其在中心神经系统内的分布量极少[5]。

乙酰氨基阿维菌素的结构被认为增强了其对这些通道的结合亲和力和选择性。与其他阿维菌素衍生物相比,这可提高其功效[6]。乙酰氨基阿维菌素能够增强神经细胞膜的通透性,导致氯离子通道的开放,进一步引发神经兴奋性增加,最终导致虫体的死亡。这一独特的作用机制使其在驱虫效果上表现明显,尤其对节肢动物表现出了良好的防治效果[7-12]。阿维菌素衍生药物(AVMs)对绦虫与吸虫的驱杀无效,主要原因是其作用靶点的系统存在发育差异,绦虫和吸虫缺乏 GABA 神经传导介质,且没有谷氨酸介导的氯离子通道[14-15]。研究发现,AVMs 衍生物能够抑制线虫的咽泵,且所需的药物浓度仅为抑制其活力的 10^{-1} ~ 10^{-3} 倍[16]。因此,AVMs 药物在极低的浓度下也能够抑制线虫的咽泵,进而影响体内外寄生虫经口对营养物质的摄取,进一步干扰它们的正常生理过程和功能。另一方面,AVMs 药物还会降低蜱的繁殖数量,导致反刍动物的线虫产出异型的卵或畸形卵,导致雄性和雌性的繁殖障碍[17]。

3　乙酰氨基阿维菌的药物动力学

3.1　药物动力学

药物动力学是一门探讨药物在体内的吸收、分配、代谢以及排出过程中“量—时”的动态变化规律的学问,其研究方法主要基于动力学的基本原理和数学模型,通过 Cmax、Tmax 等参数表征生物利用度,对新药设计、优化给药、改良剂型及开发高效低毒药物有重要意义。

3.2　乙酰氨基阿维菌素的药物动力学

乙酰氨基阿维菌素(EPR)的理化性质决定了其药物动力学特征与其他阿维菌素类(AVMS)的不同。虽然 EPR 是亲脂类药物,但其亲脂性低于其他 AVMS。因此,药物在动物体内的消除过程较其他 AVMS 短。经过注射、口服或局部给药后,药物主要分布于肝脏、肾脏、肌肉和脂肪等组织器官中,其中肝脏作为主要代谢器官参与了药物的氧化代谢过程。药物脂肪组织中的富集现象显著,这可能与其脂溶性特征相关,随后药物缓慢释放。EPR 的药代动力学参数在不同动物物种、药物制剂类型及投药方式间呈现出明显差异,也就是说 EPR 的药代动力学属性受动物种类、给药方式及施用路径的显著影响。此外,即使在同种动物中,制剂辅料的组成和饲喂方式等外部因素也可能导致动力学参数出现显著变化,这表明 EPR 的药代动力学过程受到多种因素的共同影响[18]。

目前,市场上销售的乙酰氨基阿维菌素(EPR)包括国内生产的注射液、国外的浇泼剂和长效注射液。乙酰氨基阿维菌素(EPR)最早的商品化制剂为浇泼剂,已在全球范围内得到广泛使用。EPR 现有研究通过系统药理学分析已阐明该化合物在不同畜种体内的代谢动力学规律,包括驯鹿[19]、长颈鹿[20]、绵羊、奶山羊[21]、奶牛[22]、羊驼[23]、牦牛[24]、山羊[25-26]、中国赫斯坦奶牛[27]、水牛[28]、骆驼[29]以及驴[30]等多种动物的相关药代动力学信息。

早期药效比较研究显示,Shoop 团队[31]在 1996 年首次通过绵羊模型评估了阿维菌素类药物(AVMs/米尔贝霉素)的抗寄生虫效能,证实了该药物的广谱抗虫特性。Alvinerie 等[32]针对泌乳期奶牛的系统研究发现,EPR 透皮制剂在血浆中的药代参数呈现快速吸收特征(Tmax = 3.20 h, Cmax = 43.76 ng/mL),消除半衰期达 2.03 d,AUC 值为 239.07 ng/(d · mL);而乳相代谢显著延缓,Cmax 仅 5.14 ng/mL 且消除半衰期缩短至 1.92 d,最终计算得出奶/血分配系数为 0.102,这与初期研究形成数据印证。文辉强等[27]通过非房室模型分析发现,赫斯坦奶牛经透皮给药后,血浆达峰时间(1.83 ± 0.61) d 与乳相达峰(3.48 ± 0.65) d 存在显著时滞性,MRT 值(11.38 ± 3.25) d vs(4.65 ± 0.60) d 差异进一步证实了药物在乳脂组织的蓄积特性。值得注意的是,该研究采用防舔立柱装置,揭示了传统饲养方式中自舐行为会导致 17.3% 的生物利用度损失,这一发现随后被 Rehbein 等[33]在瑞士褐牛模型中得到重复验证。Miller 团队[22]的对比实验显示,荷斯坦与泽西两个奶牛品种的血浆药物动力学参数具有高度一致性,其中,荷斯坦牛 Cmax 为(37.52 ± 1.30) ng/mL(Tmax = (1.74 ± 0.06) d,泽西牛则为(33.34 ± 1.37) ng/mL(Tmax = (1.89 ± 0.06) d,经方差分析证实两者无显著统计学差异($P > 0.05$),提示 EPR 代谢过程具有跨品种稳定性。

4　乙酰氨基阿维菌的制剂研究

目前,乙酰氨基阿维菌素(EPR)的制剂在国内

外的研发类型主要有透皮剂型、注射剂、浇泼剂和凝胶剂等。Merial 公司的 0.5% 浇泼剂主要用于临床绵羊、山羊、荷斯坦奶牛以及牦牛等大型动物，其优势在于操作便捷，但生物利用度受限；Merial 公司的 5% 注射剂具有较高的生物利用率，但局限性在于注射应激反应显著，给药不便，动物易受惊；此外，有胶束温敏凝胶，该凝胶由乙酰氨基阿维菌素、表面活性剂、温敏材料和水组成，其中乙酰氨基阿维菌素以纳米胶束形式包载并被限制在温敏凝胶基质上，具有良好的角质层穿透效率能和药物缓控释性能；还有乳剂凝胶，由 EPR、吐温 80、辛酸癸酸聚乙二醇甘油酯、蓖麻油、水和卡波姆等组成，该制剂提高了乙酰氨基阿维菌素的水溶性、分散度和载药量，同时稳定性和粘附性能也良好。透皮制剂利用纳米级递送载体，如纳米胶束等，促进药物穿透皮肤角质层，实现局部或全身治疗。EPR 注射液作为获得国家二类新兽药认证的创新药物，目前已在国内多个兽药企业实现规模化生产。该制剂除了在肉牛和奶牛类寄生虫病防治中被广泛应用外，其在绵羊、生猪、家兔及宠物猫等动物中亦显示出优异的广谱抗寄生虫特性。与同类阿维菌素衍生物相比，EPR 在药理机制和应用开发方面仍存在广阔的科研空间。

5 乙酰氨基阿维菌的检测方法研究

当前，EPR 的检测方法主要包含以下几类：(1)将色谱分离与质谱测定相结合的质量分析手段，例如 UPLC－MS/MS(超高效液相色谱－串联质谱法)和 LC－MS/MS(液相色谱－串联质谱法)；(2)依据阿维菌素类药品中的羟基属性，通过硅烷化反应产出带有荧光的衍生物，并运用浓度型分析方法的液相色谱－荧光检测法(LC － FLD)；(3)借助阿维菌素类药品中的内酯环的紫外线吸收能力，进行阿维菌素类药品的紫外线吸收，运用 LC － UV(液相色谱)这种浓度型的分析方式；(4)利用阿维菌素类药物与特定抗体的结合能力，使用 ELISA(酶联免疫吸附)检测方法。

5.1 样品前处理技术

动物组织的成分非常复杂，包含多种物质，其相对分子质量各异。这些物质的存在大大增加了从组织中分离阿维菌素类药物的难度。因此，样品前处理技术在检测过程中至关重要，是这一过程的关键环节。

动物组织(肌肉/肝脏/脂肪/肾脏)具有高度异质性，其内含的多元组分(分子量跨度达 103 ~ 10 Da)导致阿维菌素类药物分离效能显著降低，故样品前处理技术在检测过程中至关重要是检测过程中的关键环节。现行技术有液－液萃取法(LLE)、固相萃取(SPE)、免疫亲和层析(IAC)、基质固相分散(MSPD)以及超临界流体萃取法(SFE)等，对于不同种类的样品基质，需要采用适当的提取和净化手段。对动物组织样本包括肌肉、肝脏、皮肤/脂肪和肾脏等，在大多数情况下都是用乙腈和甲醇来提取其中的药物[35－46]。处理方式主要是基质扩散固相萃取法，如 Csuma 等[36]对多种动物组织中 EPR 的研究，以及杨君宏等[37]对牛肝脏和肌肉中阿维菌素、伊维菌素和 EPR 的研究。在奶样检测中，通常采用乙腈提取与免疫亲和层析联用技术，并借助 C18 固相萃取柱实施净化操作。如高三玉等[41]对牛奶中 EPR 的含量进行了检测，其方法定量限达 0.05 μg/kg；而 Ozdemir 等[42]对牛奶中的阿维菌素、多拉菌素、伊维菌素、EPR 以及莫西菌素的含量进行了检测。对于血浆样品，通常采用乙腈提取后直接进行样品分析。Pollock[43]对羊驼血浆中的 EPR 进行了研究，Saumell[44]则对马血浆中的 EPR 进行了测量，Brigue－Pellet 团队[45]对山羊血浆中的 EPR 进行了研究，Hamel 等[46]成功完成了绵羊血浆 0.1 ng/mL级 EPR 痕量检测。这些研究都使用了液－液萃取法(LLE)来确定每种动物血浆中的 EPR 含量。

5.2 药物残留检测技术

阿维菌素类药物残留检测方法以及应用对比见表 1。各种技术各有利弊，其方法选择需权衡灵敏度、成本与操作复杂性。在色谱联用技术中，液相色谱－串联质谱法(LC－MS/MS)凭借免衍生化优势及 ng/L级检测限，成为多残留同步分析的金标准，但成本过高，设备昂贵，广泛推广难度较大；荧光检测法(LC－FLD)虽衍生结果具备优异的分析稳定性，且提取净化简单、检测时间短，但荧光检测法需衍生化，增加了前处理的操作步骤，适用于实验室常规监测；紫外检测法(LC－UV)受内源性物质干扰显著，在灵敏度上有局限性，仅推荐作为初筛手段。免疫分析法方面，酶联免疫吸附(ELISA)检测时间短，但存在假阳性现象，需要进一步确诊，适合大规模筛选。故当前技术有待进一步研究提高，使其兼具快、准、经济性和适用范围的广泛性。

表 1　　阿维菌素类药物药物残留检测方法及应用对比

技术名称	原理	线性范围	检测限/定量限	回收率	相对标准偏差/变异系数
UPLC – MS/MS[39,42,47]	色谱分离与质谱测定相结合的质量型分析技术	阿维菌素、多拉菌素、伊维菌素、埃普利诺菌素和莫西菌素 5 ~ 250 μg/kg 范围内线性良好(R^2 > 0.99),	(RSN≥10)均达 5.0 μg/kg	60% ~99%	0.2% ~8.9%
LC – MS/MS[48]	液相色谱(LC)与质谱(MS)结合的分析技术	5 ~ 200 μg/L,检测限一般略高于 UPLC – MS/MS	5.0 μg/kg 的较多	73.2% ~100.7%	0.8% ~17.0%
LC – FLD [35 – 36,43 – 46,50 – 53]	结合了高效液相色谱(HPLC)和荧光检测器(FLD)的技术	牛肉、牛奶或其他牛肉组织中的阿维菌素、伊维菌素、多拉菌素和埃普利诺菌素,2 ~ 100 μg/kg,个别报道方法线性范围达到 2 ~ 5 000 μg/L	0.5 ~ 2 μg /kg(S/N = 3)	70.2% ~119.5%;65.2% ~96.2%。	1.5% ~18.9%
LC – UV	基于物质对紫外光的选择性吸收特性建立的分析技术	伊维菌素和阿维菌素的单个药物检测,均采用了 245 nm的紫外检测波长。	—	—	—
ELISA[37,54]	基于物质对紫外光的选择性吸收特性建立的分析技术	阿维菌素、伊维菌素和 EPR 等多种残留进行检测。在 5 ~ 100 μg/kg	—	53.8% ~108.6%	3.4% ~17.9%
其他方法[55]	利用其灵敏性、特异性结合阿维菌素类药物的单克隆抗体 1H2,建立了检测的侧向流免疫层析试纸条法	—	1.3 ng/mL 和 2.9 ng/mL	粗牛奶样品 110% ~125%	—

6　乙酰氨基阿维菌的药效研究

EPR 在防控牛、羊、牦牛、骆驼、兔、猫、羊驼等多种动物的体内外寄生虫方面均展现出良好效果。表 2 就国内外乙酰氨基阿维菌素对动物体内外寄生虫的防治效果进行了汇总。

表 2　　EPR 在国内外动物寄生虫治疗中的应用及效果

地点	研究对象	使用药物	治疗情况	效果
法国西南比利牛斯地区[56]	奶山羊	EPR 注射剂	治疗胃肠道线虫	首次发现捻转血矛线虫对 EPR 产生耐药性
欧洲及其他地区[57]	猫	含 esafoxolaner, eprinomectin, praziquantel 复方外用驱虫剂 NexGard Combo	治疗体内外寄生虫(血红扇头蜱、结膜吸吮线虫、跳蚤、肠道蠕虫、棘球蚴、耳螨等)	效果极其显著,良好治愈猫体内外寄生虫
德国[58]	奶牛	长效制剂 EPR 注射液	治疗 *Chabertia ovina* 和 *Oesophagostomum venulosum*	治愈率≥99%
希腊北部中马其顿大区[59]	山羊	EPR(eprecis 20 mg/mL)注射液	驱除体内寄生虫	驱虫率达到 100%
英国[60]	羊驼	EPR 注射剂	治疗羊驼的螨病	两螨虫组虫计数均显著下降(P < 0.001)
美国阿肯色州西北部[61]	肉牛	EPR 注射液	治疗体内外寄生虫	单药或联合用药均表现出高效驱虫效果(FECR > 89%),但长期效果略有下降

续表：

地点	研究对象	使用药物	治疗情况	效果
希腊[62]	奶牛	EPR 浇泼剂	驱虫体内寄生虫	驱虫率达到 100%
法国[63]	山羊	EPR 注射液	治疗体内寄生虫	驱虫率达到 100%
德国[64]	牛	EPR 浇泼剂	治疗牛疥螨	14 d 内将牛疥螨完全杀灭，56 d 内有效防治再感染
德国和美国[65]	牛	EPR 浇泼剂	治疗 L1、L2、L3 期牛皮蝇、牛吸血虱和食毛虱	对 L1、L2、L3 期牛皮蝇有 100% 的疗效，14 d 内 100% 完全杀灭牛吸血虱和食毛虱
土耳其[66]	驴	EPR 浇泼剂	治疗圆形线虫	完全消灭驴圆形线虫，驱虫率可达 100%
美国[67]	牛	EPR 注射液	治疗体内线虫成虫和幼虫	能有效杀灭牛线虫成虫和幼虫，效果均≥99%
云南省和海南省[68]	山羊	EPR 注射液 (0.2 mg/(kg·BW))	驱除胃肠线虫	驱虫率达 100%，推荐剂量为 0.2 mg/kg
四川省洪雅县和普格县[69-70]	奶牛	2 种 EPR 浇泼剂	治疗奶牛的线虫病和螨虫病	7 d 后虫卵转阴率为 100%；奶牛螨虫治疗效果极其显著。
北京[71]	羊驼	0.6 mg/kgEPR 注射剂	治疗的羊驼疥螨病	0.6 mg/kg 有效注射一个月后治愈羊驼疥螨病
青海[12]	牦牛	0.5% EPR 浇泼剂	治疗牦牛线虫	7 d，14 d，对蠕形蚤的转阴率均达 100%；0.4 mg/kg 剂量在给药后 7 d，14 d 对花蠕形蚤的转阴率均为 81.8%，推荐剂量 0.5 mg/kg
青海[72]	牦牛	EPR 注射剂	驱虫牦牛线虫	不同剂量驱杀消化道线虫和肺线虫均可达 94% 以上，效果极其良好
北京[73-75]	兔、绵羊、肉牛	EPR 注射液 (0.2 mg/(kg·BW) 皮下注射)	驱杀兔耳螨、绵羊螨虫和线虫、肉牛虱子和线虫	对兔耳螨、绵羊螨虫和线虫、肉牛虱子和线虫的驱杀效率均达 100%，其中对兔耳螨的持效期长达 35 d，对绵羊线虫和螨虫、肉牛虱子和线虫的持效期长达 42 d。

7 讨论与展望

乙酰氨基阿维菌素（EPR）是阿维菌素衍生物，凭借其独特的药代动力学特征和乳/血分配系数（0.102 ± 0.015）实现了奶牛用药的革命性突破。其组织残留量显著低于国际食品法典委员会（CAC）的限定标准（牛奶 < 0.5 μg/kg，肌肉 < 10 μg/kg），因而成为全球首个豁免休药期的牧场专用驱虫剂，有“绿色药物”之美称。该药物通过作用于寄生虫的氯离子通道干扰神经传导，致虫体麻痹，对牛、羊等家畜的线虫（如胃肠道线虫、肺线虫，驱杀率超 95%）和节肢动物（如牛皮蝇幼虫、蜱螨虱，杀灭率

达 100%)具高效驱杀效果。EPR 浇泼剂和注射剂已在多国上市。研究乙酰氨基阿维菌素的作用机制及其驱虫效果,可为新型驱虫剂的研发提供参考,并为家畜寄生虫病的防治提供新的思路,更好地保障食品安全。

参考文献:

[1]SHOOP W L, EGERTON J R, EARY C H, *et al*. Eprinomectin: a novel avermectin for use as a topical endectocide for cattle[J]. Int J Parasitol, 1996, 26(11): 1237 - 1242.

[2]李世凯. 伊维菌素在斑马鱼(Danio rerio)和吉富罗非鱼(GIFT,Oreochromis niloticus)体内的毒理学研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2014.

[3]刘圣. 伊维菌素对脂多糖诱导小鼠的炎症反应的研究[D]. 长春:吉林大学, 2007.

[4]梁军司, 匡秀华, 杨玉荣, 等. 阿维菌素类药物的研究进展[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2005(1): 9 - 11.

[5]冒玉娟, 陈晓兰, 赵丽. 乙酰氨基阿维菌素在动物医学中的研究进展[J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(Z1): 86 - 89.

[6]XU X, SEPICH C, LUKAS R J, *et al*. Emamectin is a non - selective allosteric activator of nicotinic acetylcholine receptors and GABAA/C receptors[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2016, 473(4): 795 - 800.

[7]FERREIRA L C, LIMA E F, SILVA A L P, *et al*. Effect of cyclosporin A on the toxicity of ivermectin, eprinomectin and moxidectin in populations of Rhipicephalus microplus[J]. Ticks Tick Borne Dis, 2023, 14(2): 102113.

[8]FERREIRA L C, LIMA E F, SILVA A L P, *et al*. Cross - resistance between macrocyclic lactones in populations of Rhipicephalus microplus in Brazil's semiarid region[J]. Exp Appl Acarol, 2022, 87(1): 109 - 117.

[9]DO NASCIMENTO C G, BRAGAGLIA G, TOMA S B, *et al*. Injectable eprinomectin for cattle: Tick efficacy and pharmacokinetics[J]. J Vet Pharmacol Ther, 2020, 43(2): 171 - 178.

[10]NAZIR T, KATOCH R, GODARA R, *et al*. Efficacy of eprinomectin pour - on against Rhipicephalus (Boophilus) microplus on buffaloes[J]. J Parasit Dis, 2013, 37(2): 166 - 167.

[11]蔡进忠, 李春花, 拉环, 等. 埃普利诺菌素浇泼剂对牦牛皮蝇幼虫驱除效果试验[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2009, 39(5): 10 - 12.

[12]雷萌桐, 李春花, 蔡进忠, 等. 埃普利诺菌素浇泼剂对牦牛花蠕形蚤的驱杀效果试验[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2022, 52(4): 45 - 48.

[13]CAMPBELL W C, BENZ G W. Ivermectin: a review of efficacy and safety[J]. J Vet Pharmacol Ther, 1984, 7(1): 1 - 16.

[14]SHOOP W L, HAINES H W, MICHAEL B F, *et al*. Mutual resistance to avermectins and milbemycins: oral activity of ivermectin and moxidectin against ivermectin - resistant and susceptible nematodes[J]. Vet Rec, 1993, 133(18): 445 - 447.

[15]SHOOP W L, MROZIK H, FISHER M H. Structure and activity of avermectins and milbemycins in animal health[J]. Vet Parasitol, 1995, 59(2): 139 - 156.

[16]GEARY T G, KLEIN R D, VANOVER L, *et al*. The nervous systems of helminths as targets for drugs[J]. J Parasitol, 1992, 78(2): 215 - 30.

[17]REINEMEYER C R, PRADO J C, NICHOLS E C, *et al*. Efficacy of pyrantel pamoate against a macrocyclic lactone - resistant isolate of Parascaris equorum in horses[J]. Vet Parasitol, 2010, 171(1 - 2): 111 - 115.

[18]于童. 乙酰氨基阿维菌素在牦牛体内的药物动力学、残留消除规律及药效学研究[D]. 北京:中国农业大学, 2015.

[19]DAVIDSON R K, FSTE C K, UHLIG S, *et al*. Pharmacokinetics of a long - acting subcutaneous eprinomectin injection in semi - domesticated reindeer (Rangifer tarandus tarandus) - A pilot study[J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2023 (97): 104041.

[20]RICHARDSON A, DADONE L, JOHNSTON M, *et al*. Pharmacokinetics and efficacy of a single topical dose of eprinomectin in giraffe (giraffa spp.)[J]. J Zoo Wildl Med, 2024, 55(1): 67 - 72.

[21]BECK A, THOMSON S, REDDICK D, *et al*. A single subcutaneous dose of eprinomectin (Eprecis(®)) is effective against common gastrointestinal nematodes and lungworms in experimentally infected lactating goats[J]. Parasit Vectors, 2024, 17(1): 211.

[22]BAOLIANG P, YUWAN W, ZHENDE P, *et al*. Pharmacokinetics of eprinomectin in plasma and milk following subcutaneous administration to lactating dairy cattle[J]. Veterinary Research Communications. 2006, 30(3): 263 - 270.

[23]POLLOCK J P, BEDENICE D, JENNINGS S, *et al*. Pharmacokinetics of an extended - release formulation of eprinomectin in healthy adult alpacas and its use in alpacas confirmed with mange[J]. Journal of Veterinary Pharmacology and

Therapeutics, 2016, 40(0140 – 7783): 192 – 199.

[24]李建强. 埃谱利诺菌素注射剂对牦牛体外寄生虫的驱杀试验[J]. 农家参谋, 2022 (15): 96 – 98.

[25]BRIQUé PELLET C, RAVINET N, QUENET Y, *et al*. Pharmacokinetics and anthelmintic efficacy of injectable eprinomectin in goats[J]. Vet Parasitol, 2017(241): 43 – 47.

[26]VIZCAINO M, ALONSO F C, MARTíN E P, *et al*. Increase in dairy production of goats with subclinical nematode infection using injectable eprinomectin[J]. Vet Parasitol, 2025 (333): 110351.

[27]WEN H, PAN B, WANG Y, *et al*. Plasma and milk kinetics of eprinomectin following topical or oral administration to lactating Chinese Holstein cows[J]. Vet Parasitol, 2010, 174 (1): 72 – 76.

[28]ANDRESEN C E, GUNN P J. Productivity measures in beef cows and calves following a single subcutaneous injection of long acting eprinomectin[J]. J Anim Sci, 2017(95): 66 – 67.

[29]BENGOUMI M, HIDANE K, VAN GOOL F, *et al*. Short Communication Pharmacokinetics of Eprinomectin in Plasma and Milk in Lactating Camels (Camelus dromedarius) [J]. Vet Res Commun, 2007,31(3): 317 – 322.

[30]GKBULUT C, NATURALI S, RUFRANO D, *et al*. Plasma disposition and milk excretion of eprinomectin following pour - on administration in lactating donkeys[J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 2012, 36(0140 – 7783): 302 – 305.

[31]HOLSTE J E, SMITH L L, HAIR J A, *et al*. Eprinomectin: a novel avermectin for control of lice in all classes of cattle[J]. Vet Parasitol, 1997, 73(1 – 2): 153 – 161.

[32]ALVINERIE M, LACOSTE E, SUTRA J F, *et al*. Some pharmacokinetic parameters of eprinomectin in goats following pour – on administration[J]. Vet Res Commun, 1999, 23(7): 449 – 455.

[33]REHBEIN S, VISSER M, KELLERMANN M, *et al*. Reevaluation of efficacy against nematode parasites and pharmacokinetics of topical eprinomectin in cattle[J]. Parasitol Res, 2012, 111(3): 1343 – 1347.

[34]MILLER R A, MCCLUNEY T S, HALLERAN J L, *et al*. The Pharmacokinetics of Subcutaneous Eprinomectin in Plasma and Milk in Dry Dairy Cattle[J]. Journal of veterinary pharmacology and therapeutics, 2025, 48(3):163 – 169.

[35]张伟, 舒均喜, 郑妍, 等. QuEChERS – 高效液相色谱法检测牛肉中的阿维菌素类药物残留[J]. 动物医学进展, 2017, 38(11): 56 – 60.

[36]CSUMA A, CRISTINA R T, DUMITRESCU E, *et al*. Application of QuEChERS – High Performance Liquid Chromatography with Postcolumn Fluorescence Derivatization (HPLC – FLD) method to analyze Eprinomectin B1a residues from a pour – on conditioning in bovine edible tissues[J]. Open Chemistry, 2015, 13(1): 769 – 779.

[37]杨君宏, 何继红, 侯晓林, 等. ELISA 方法检测牛组织中的阿维菌素类药物残留[J]. 中国兽医杂志, 2014, 50 (9): 70 – 72.

[38]李欣, 张瑶琴, 艾连峰, 等. 疏水整体柱在线固相萃取与高效液相色谱 – 串联质谱联用测定牛肝中 5 种阿维菌素类药物残留[J]. 色谱, 2015, 33(6): 590 – 596.

[39]张文娟, 连庚寅, 郭晓喜, 等. 超高效液相色谱 – 串联质谱法测定 10 种食品中的阿维菌素类药物残留[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 226 – 231.

[40]王文兰, 刘艳辉, 祖岫杰, 等. 鱼肌肉中阿维菌素和伊维菌素药物残留测定的样品前处理[J]. 分析试验室, 2015, 34(4): 475 – 479.

[41]高三玉, 周芷锦, 罗成江, 等. 高效液相色谱法测定牛奶中乙酰氨基阿维菌素的残留量[J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38(4): 14 – 6.

[42]OZDEMIR N, KAHRAMAN T. Rapid confirmatory analysis of avermectin residues in milk by liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. Food Drug Anal, 2016, 24(1): 90 – 4.

[43]POLLOCK J, BEDENICE D, JENNINGS S H, *et al*. Pharmacokinetics of an extended – release formulation of eprinomectin in healthy adult alpacas and its use in alpacas confirmed with mange [J]. J Vet Pharmacol Ther, 2017, 40(2): 192 – 1999.

[44]SAUMELL C, LIFSCHITZ A, BARONI R, *et al*. The route of administration drastically affects ivermectin activity against small strongyles in horses[J]. Vet Parasitol, 2017 (236): 62 – 7.

[45]BRIQUé PELLET C, RAVINET N, QUENET Y, *et al*. Pharmacokinetics and anthelmintic efficacy of injectable eprinomectin in goats[J]. Vet Parasitol, 2017(241): 43 – 47.

[46]HAMEL D, BOSCO A, RINALDI L, *et al*. Eprinomectin pour – on (EPRINEX® Pour – on, Merial): efficacy against gastrointestinal and pulmonary nematodes and pharmacokinetics in sheep[J]. BMC Veterinary Research, 2017, 13(1): 148.

[47]HERNANDO M D, SUáREZ BARCENA J M, BUENO M J, *et al*. Fast separation liquid chromatography – tandem mass spectrometry for the confirmation and quantitative analysis of avermectin residues in food[J]. J Chromatogr A, 2007, 1155

(1):62 - 73.

[48]宫小明, 孙军, 董静, 等. 高效液相色谱 - 串联质谱法测定猪肉中的阿维菌素类、地克珠利、妥曲珠利及其代谢物残留[J]. 色谱, 2011, 29(3):217 - 22.

[49]INOUE K, YOSHIMI Y, HINO T, *et al*. Simultaneous determination of avermectins in bovine tissues by LC - MS/MS [J]. J Sep Sci, 2009, 32(21):3596 - 602.

[50]高明远, 高悦. HPLC 方法检测牛奶中多拉菌素等 3 种药物残留[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017 (5):282 - 285.

[51]杨君宏, 何继红, 侯晓林, 等. 牛肌肉中阿维菌素类药物残留的免疫亲和色谱—效液相色谱荧光检测方法的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(1):243 - 5.

[52]程林丽, 安洪泽, 沈建忠, 等. 牛奶中 4 种阿维菌素类药物的高效液相色谱快速测定[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(4):95 - 98.

[53]程传民, 冯娅. 高效液相色谱法测定动物源食品中阿维菌素类药物残留量[J]. 饲料工业, 2009, 30(20):54 - 55.

[54]SHI W, HE J, JIANG H, *et al*. Determination of multiresidue of avermectins in bovine liver by an indirect competitive ELISA[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(17):6143 - 614.

[55]ZENG L, JIANG W, LIU L, *et al*. Development of ic - ELISA and lateral - flow immunochromatographic strip for detection of vitamin B2 in an energy drink and vitamin tablets[J]. Food Agric Immunol, 2018, 29(1):121 - 132.

[56]JOUFFROY S, BORDES L, GRISEZ C, *et al*. First report of eprinomectin - resistant isolates of Haemonchus contortus in 5 dairy sheep farms from the Pyrénées Atlantiques département in France [J]. Parasitology, 2023, 150(4):1 - 9.

[57]BEUGNET F. NexGard(®) Combo (esafoxolaner, eprinomectin, praziquantel), a new endectoparasiticide spot-on formulation for cats[J]. Parasite, 2021, 28(E1).

[58]REHBEIN S, HAMEL D, YOON S, *et al*. Efficacy of eprinomectin topical solution and eprinomectin extended - release injection treatments against developing larval and adult Chabertia ovina and Oesophagostomum venulosum - two less common cattle nematode parasites[J]. Vet Parasitol, 2022(312):109837.

[59] TERMATZIDOU S A, ARSENOPOULOS K, SIACHOS N, *et al*. Anthelmintic activity of injectable eprinomectin (eprecis(®) 20 mg/mL) in naturally infected dairy sheep[J]. Vet Parasitol, 2019(266):7 - 11.

[60]D'ALTERIO G L, JACKSON A P, KNOWLES T G, *et al*. Comparative study of the efficacy of eprinomectin versus ivermectin, and field efficacy of eprinomectin only, fo the treatment of chorioptic mange in alpacas[J]. Vet Parasitol, 2005, 130(3 - 4):267 - 275r.

[61]WRAY E, TUCKER C A, REYNOLDS J L, *et al*. A fecal egg count reduction test in grazing beef steers using topical pioneer and generic eprinomectin and fenbendazole oral suspension[J]. Vet Parasitol Reg Stud Reports, 2023(46):100937.

[62]ARSENOPOULOS K, GELASAKIS A I, DELISTAMATIS V, *et al*. Evaluation of the pour - on administration of eprinomectin on milk yield and somatic cell counts in dairy ewes naturally infected with gastrointestinal nematodes [J]. Vet Parasitol, 2019(276):100016.

[63]BADIE C, LESPINE A, DEVOS J, *et al*. Kinetics and anthelmintic efficacy of topical eprinomectin when given orally to goats [J]. Vet Parasitol, 2015, 209(1 - 2):56 - 61.

[64]BARTH D, HAIR J A, KUNKLE B N, *et al*. Efficacy of eprinomectin against mange mites in cattle [J]. Am J Vet Res, 1997, 58(11):1257 - 1259.

[65]REHBEIN S, HOLSTE J E, SMITH L L, *et al*. The efficacy of eprinomectin extended - release injection against Hypoderma spp. (Diptera: Oestridae) in cattle[J]. Vet Parasitol, 2013, 192(4):353 - 8.

[66]GOKBULUT C, DI LORIA A, GUNAY N, *et al*. Plasma disposition, concentration in the hair, and anthelmintic efficacy of eprinomectin after topical administration in donkeys[J]. Am J Vet Res, 2011, 72(12):1639 - 1645.

[67]SHOOP W, MICHAEL B, EGERTON J, *et al*. Titration of subcutaneously administered eprinomectin against mature and immature nematodes in cattle[J]. J Parasitol, 2001, 87(6):1466 - 1469.

[68]罗超应, 胡振英, 尚若峰, 等. 国产表阿佛菌素驱除山羊胃肠道线虫的临床试验[J]. 中国兽药杂志, 2004(9):41 - 44.

[69]廖党金, 汪明, 何万平, 等. 乙酰氨基阿维菌素浇泼剂对奶牛线虫病的疗效试验[J]. 中国动物传染病学报, 2017, 25(4):60 - 63.

[70]廖党金, 汪明, 徐文福, 等. 乙酰氨基阿维菌素浇泼剂对奶牛螨虫病的疗效试验[J]. 中国动物传染病学报, 2018, 26(1):77 - 80.

[71]韩娇娇, 夏茂华, 吴秀山, 等. 北京动物园羊驼感染疥螨病例诊治情况初报[J]. 中国动物传染病学报, 2016, 24(1):70 - 74.

[72]蔡进忠, 李春花, 汪明, 等. 埃普利诺菌素注射剂对牦牛线虫及其寄生阶段幼虫驱虫效力的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2015, 45(4):1 - 5.

[73]潘保良, 汪明, 王玉万, 等. 埃谱利诺菌素注射液对兔耳螨的疗效试验[C]//中国畜牧兽医学会家畜寄生虫

学分会. 中国畜牧兽医学会家畜寄生虫学分会第五次代表大会暨第八次学术研讨会论文集. 2004: 488 - 489.

[74]潘保良, 汪明, 王玉万, 等. 埃谱利诺菌素注射液对绵羊线虫的疗效试验[C]//中国畜牧兽医学会家畜寄生虫学分会. 中国畜牧兽医学会家畜寄生虫学分会第五次代表大会暨第八次学术研讨会论文集. 2004: 486 - 487.

[75]潘保良, 汪明, 王玉万, 等. 埃普利诺菌素注射剂对肉牛血虱的驱杀试验[J]. 动物医学进展, 2003(5): 119 - 120.

(上接第 26 页)

参考文献:

[1]庞维鹏, 施宇博, 钱常欢, 等. 邯郸地区规模化牛场犊牛隐孢子虫感染情况调查[J]. 现代畜牧兽医, 2022(2): 61 - 64.

[2]高海慧, 康晓冬, 黎玉琼, 等. 我国牛隐孢子虫感染情况及危险因素研究进展[J]. 中国兽医学报, 2020, 40(5): 1059 - 1063.

[3]GOLOMAZOU E, MAMEDOVA S, ESLAHI A V, *et al*. Cryptosporidium and agriculture: A review[J]. Science of the Total Environment, 2024(916): 170057.

[4]CAI Y, ZHANG N Z, GONG Q L, *et al*. Prevalence of Cryptosporidium in dairy cattle in China during 2008 - 2018: A systematic review and meta - analysis[J]. Microbial Pathogenesis, 2019(132): 193 - 200.

[5]马忠, 马燕玲, 张继维, 等. 甘肃某牛场隐孢子虫引起犊牛腹泻的虫种鉴定及亚型分析[J]. 中国动物传染病学报, 2024, 32(3): 164 - 172.

[6]张迎锐, 王占宏, 丰嘉怡, 等. 陕西奶牛源微小隐孢子的基因亚型鉴定及其遗传进化分析[J]. 家畜生态学报, 2024, 45(10): 72 - 765.

[7]武志峰, 王志龙, 李建伟, 等. 甘肃省酒泉市牛羊全产业链发展现状、问题及对策[J]. 养殖与饲料, 2024(6): 107 - 109.

[8]高海慧, 施安, 张立强, 等. 宁夏部分地区奶牛犊牛隐孢子虫感染情况调查[J]. 中国兽医学报, 2020, 40(7): 1347 - 1350.

[9]江斌, 陈秀琴, 吴胜会, 等. 不同处理措施对牛粪样中隐孢子虫卵囊杀灭效果观察[J]. 福建畜牧兽医, 2023, 45(5): 1 - 2.

[10]徐春艳, 张宽宽, 王正荣, 等. 库车市牛场十二指肠贾第虫和隐孢子虫的分子检测与鉴定[J]. 动物医学进展, 2022, 43(10): 35 - 38.

[11]贾丁, 但佳明, 孙燕, 等. 四川省奶牛犊牛隐孢子虫流行情况及其分子特性分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2019, 37(4): 422 - 427.

[12]李华松. 平顶山地区奶牛隐孢子虫种类鉴定及遗传进化分析[J]. 中国奶牛, 2018(8): 36 - 39.

[13]WANG R, ZHAO G, GONG Y, *et al*. Advances and Perspectives on the Epidemiology of Bovine Cryptosporidium in China in the Past 30 Years[J]. Frontiers in Microbiology, 2017(8): 1823.

基于学科前沿与创新能力培养的动物遗传学课程教学改革探索

张军霞，包高良
（青海大学农牧学院，青海 西宁 810016）

摘　要：当前教学应构建“知识－方法－评价”三维联动创新体系，在知识维度建立“基础模块－前沿专题－产业案例”的课程结构；在方法维度整合虚拟仿真实验与教师科研项目，打造“问题导向＋项目驱动”的实践平台；在评价维度实施过程性考核，将创新实践内容纳入考核体系，使学生能掌握课程相关核心技能，参与创新项目，同时为畜牧产业转型升级提供有效人才支撑。本文对多维度改革路径进行了系统分析，为农业院校动物遗传学课程建设提供参考。

关键词：动物遗传学；教学改革；教学内容；教学方式
中图分类号：G643　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1003－7950(2025)04－0036－05

动物遗传学是高等农业院校动物科学专业的核心课程，其理论和实践结合紧密。作为培养学生专业知识和技能的基础课程，动物遗传学在帮助学生掌握理论知识和基本专业技能的同时，对学生专业科研素养和创新能力的培养尤为重要[1]。该课程的主要教授内容包括遗传物质基础、遗传信息传递和改变、经典遗传定律、群体遗传学、数量遗传学、免疫遗传学、发育遗传学、非孟德尔遗传规律、动物基因组及基因工程等。动物遗传学作为动物新品种培育、遗传改良及动物生产等工作的重要理论基础，在畜牧业现代化进程中发挥着关键作用，也是将现代生物科技应用于畜牧业的基本条件。随着基因组测序技术的突破性进展，动物遗传学的发展已进入分子水平，表观遗传调控机制的解析[2]、CRISPR 基因编辑技术的革新以及生物信息学方法的融合应用[3]，推动着传统动物遗传学理论体系向多维动态研究方向发展。然而，当前的教学实践与学科快速发展之间存在一定差距，理论教学与产业技术实践的需求有偏差。更值得关注的是，传统“教师中心型”授课模式导致学生课堂参与度低，创新思维培养不足，在课程评价体系中，注重理论知识的考核，缺乏对学生综合能力的客观评价，难以满足新农科建设对复合型人才培养的要求。针对上述问题，建议在教学改革中构建“知识－方法－评价”三维联动创新体系，在知识维度建立“基础模块－前沿专题－产业案例”的课程结构；在方法维度整合虚拟仿真实验与教师科研项目，打造“问题导向＋项目驱动”的实践平台；在评价维度实施过程性考核，将创新实践内容纳入考核体系。本文综合国内外农业院校的改革案例，结合教学实践，提出适应智能教育时代和新农科建设要求的动物遗传学课程改革方案，为培养具备创新能力的现代畜牧业人才提供实践指导。

1　当前动物遗传学课程教学中存在的问题分析

1.1　课程内容

1.1.1　教材更新延迟，前沿技术融入不足　教材作为知识的载体，是以知识体系为核心，依据课程标准编制、系统反映学科内容的教学用书。高校教材是高校教学的基本依据，是解决培养什么人、怎样培养人的重要载体[4]。随着大数据、云计算、人工智能、

收稿日期：2025－04－28
基金项目：青海大学农牧学院专业核心课程建设项目(ZYHX2025－41)；青海大学农牧学院教学改革研究项目(NMJG－202408)
作者简介：张军霞(1975－)，副教授，主要从事动物遗传学的教学与科研工作。E－mail：zhangjunxia999@sina.com

物联网和生物技术等技术的发展,畜牧业生产已经迈向了智能化。“智慧畜牧业”的出现更推动现代畜牧业进入了信息化、智慧化时代[5]。在此背景下,传统意义上的畜禽生产方式发生了巨大的变化,已不再是简单的养殖与产品加工,当前的畜牧业发展主要致力于将传统畜牧业转变成高科技支撑的智能化畜牧业,这也是新农科背景下未来畜牧业发展的方向。为了应对时代变化,更新教材内容势在必行。同时,随着科学技术的不断进步,教学内容的载体也呈现了多样化发展态势。传统的动物遗传学主要涉及遗传分子基础、细胞遗传学基础、群体遗传学基础和数量遗传学基础等内容。基因编辑技术、转录组学、表观遗传调控和基因组学等近年来兴起的生物技术和学科前沿内容尚未被引入到教学内容中,教材中涉及真实科研或生产情境问题的题目相对较少。

1.1.2 理论与实践衔接不足,缺乏真实案例分析 动物遗传学的课程内容以基础理论和技术原理为主,但有关该领域的前沿性知识与技术较少,与现代畜牧业生产场景结合不足,导致课程本身在实用性和前瞻性方面有所欠缺。典型案例缺失尤为明显,如基因编辑技术、全基因组关联分析(GWAS)等章节中多围绕实验原理和发展概况进行叙述,与产业发展相关的实际案例很少被引入课堂,如基因编辑猪抗病育种[6]、绵羊产羔性状全基因组关联分析(GWAS)[7]等。动物遗传学课程传授知识的深度和广度与生产实践及学科发展动态脱节,学生难以将理论知识与产业实践联系起来,技术转化能力薄弱,很难将教材中的原理应用于科技创新和产业发展中。因此,将典型案例教学、场景应用等加入动物遗传学课程中,以提升学生的实践能力和综合素质,是当前新农科教学发展的时代要求。

1.2 教学方法

1.2.1 以传统讲授式教学为主,学生参与度低 在传统的课堂教学中,教师以讲授为主,学生以被动听讲为主,课堂互动频率较低,学生整节课不主动发言的情况较为普遍。这种“填鸭式”教学过度强调知识传授而忽视学习过程,未能有效调动学生的学习主动性和积极性。更为关键的是,课堂教学中的新型教学方法的运用明显不足,如启发式、互动式、探究式、参与式和讨论式等教学形式未能得到充分应用[8],导致学生高阶思维能力的培养缺失,课程设计也缺乏科研问题解析、实验方案设计等深度学习环节,最终影响了整体的教学效果。

1.2.2 实验设计单一,缺乏综合性与创新性 动物遗传学实验教学内容陈旧、单一,如果蝇杂交、家系系谱分析等经典遗传学实验内容较多[9],涉及 CRISPR 设计、多组学整合分析等的前沿技术实验缺乏。低阶技能训练多,如显微镜操作、电泳等基础技能占比高,验证性实验多,缺乏综合性、创新性实验,各实验间缺乏逻辑关联,与产业关联的实验少,仅有少数的实验项目直接来源于生产技术需求。因此,很难激发学生的积极性和主动性。

1.3 评价体系

1.3.1 考核方式重记忆轻应用 现行考核方式单一,闭卷考试占比高,可能导致学生侧重于死记硬背知识点,而忽视对知识的理解和应用能力的培养,“高分低能”现象突出[10]。例如,在考试中可能会出现大量直接考查概念、原理等记忆性内容的题目,学生只需背诵相关内容就能得分。考核内容的产业适配性差,对于如何运用遗传学知识去解决实际问题,如分析动物遗传疾病的遗传方式、制定动物育种方案等,考查较少,无法反映学生的创新能力。这样培养出来的学生可能在理论知识上有一定储备,但在实际工作中如果遇到具体的遗传学问题时,难以灵活运用所学知识解决问题。

1.3.2 缺乏过程性评价 过程性评价的缺失意味着无法全面、动态地了解学生在整个学习过程中的表现。学生在学习过程中的努力程度、参与度、进步情况等都无法得到及时的评价和反馈。例如,学生在课堂讨论、实验操作、小组项目等环节中的表现都没有被纳入考核体系,这可能会使学生忽视这些学习环节,只关注最终的考试成绩,不利于学生综合素质的培养和提高。

2 教改核心方向与具体措施

动物遗传学作为动物科学专业的核心基础课程,其教学改革需适应“培养适应科技发展与产业变革

的创新型人才”的目标需求,通过知识体系重构、教学方法创新、评价体系优化的深度耦合,构建“三维联动、协同增效”的立体化教改体系。动物遗传学教学应突破传统学科边界,实现从“知识容器”到“能力孵化器”的转型,为生命科学与畜牧产业的高质量发展输送创新动能。

2.1 课程内容优化

从三维联动创新体系的知识维度实施改革,建立“基础模块—前沿专题—产业案例”的弹性化课程结构。主要从以下四方面对课程内容进行优化:

2.1.1 巩固基础模块　保留经典遗传学核心理论(经典遗传学三大定律、群体遗传、数量遗传),但要压缩至总课时量。

2.1.2 引入前沿技术模块　增设基因组学、基因工程、生物信息学等内容[11],如 CRISPR 设计原理、全基因组选择(GS)、表观遗传学、单细胞测序技术、宏基因组分析等专题。

2.1.3 结合产业案例　将产业案例深度嵌入动物育种案例,如展示如何整合 GWAS(全基因组关联分析)与 GS 技术缩短育种周期;分析基因编辑技术与传统选育的成本效益差异;以动物遗传多样性保护为例,教授基因分型、亲缘关系计算等。

2.1.4 跨学科融合创新　将分子生物学、生物信息学、统计学等相关学科的基础知识和最新研究成果融入教学内容[11],如生物信息学整合,在 QTL 定位教学中,引入 PLINK、TASSEL 等软件实操,要求学生完成从原始测序数据到突变位点筛选的全流程;人工智能拓展,如开发深度学习模型预测基因编辑效率。

2.2 教学方法创新

从三维联动创新体系中的方法维度进行改革,构建“虚实融合、理实一体”的创新型教学模式。动物遗传学教学方法的改革需突破传统以理论讲授和验证性实验为主的教学模式,以“虚实融合技术赋能、理实一体任务驱动”为核心,构建“阶梯式知识转化—沉浸式能力训练—场景化创新实践”的立体化方法体系,实现从“知识传递”到“能力建构”的深度转型。

2.2.1 混合式教学　混合式教学是融合多种教学方式与资源的立体化教学模式,兼具了传统课堂与在线学习优势,强调根据教学目标、学生特征和学习内容,选择合适的教学媒体、策略和资源,以实现教学效果的最优化[12],核心是将线下面对面教学与线上数字化学习有机结合。在线下,保留传统课堂的互动性、情感连接和即时反馈优势,侧重复杂问题解析、实践技能训练、个性化指导;在线上,利用 MOOC 平台、学习管理系统(LMS)等工具,提供碎片化学习资源、自适应测试、异步讨论等,满足学生自主学习与个性化需求。通过教学设计,使线上线下环节相互补充,形成“知识传递—应用—反馈—优化”的闭环。其核心理念是整合技术与教育的优势,平衡效率与质量,打造灵活、多元、适配性强的学习模式。学生可以利用网络课程学习平台和线上、线下相结合学习的方式,通过问题讨论、案例教学、学术报告和课程论文等,积极主动参与到教学活动中,成为教学活动的主体。鼓励学生自主学习,注重培养学生独立思考、创新能力、批判性思维能力,及对学生团队合作能力和沟通、展示能力的培养。这也是“以学生为本”的教学模式及其宗旨的体现。在教学活动中,持续革新教学方法,巧妙融合项目式、探究式、小组合作式等多元教学法,同步升级教学手段,灵活运用多媒体设备、在线教学平台和虚拟现实技术等,促进学生创新思维与实践能力的提升。

2.2.2 项目驱动式学习　项目驱动式学习是一种以明确目标为导向、通过任务实践促进知识建构和能力培养的学习模式[13]。其核心在于通过设定具体的学习目标或问题情境,激发学习者的内在动力,引导其主动探索、实践和反思,最终实现知识的深度理解和能力的迁移应用。项目驱动通过提供完整的项目进行教学,在一定程度上反映生产场景,模拟现实问题,将理论与实践有机结合,充分发掘学生的实践和创新能力,提高学生解决实际问题的能力。在教学过程中,教师通过创设情景、讲授理论、思路引导、组织讨论等活动,引导学生充分地参与到项目开发的每个环节中;学生在学习理论知识的同时自发地寻找应用场景,并结合教师对方案和结果的评价,深化对理论知识的理解和掌握,强化实践技能。例如对真实课题进行设计,将教师的科研项目“绵羊

生长发育基因调控网络”拆解为教学模块，让学生分组完成基因表达谱分析、CRISPR 载体构建等任务。在产业方面，可以对接养殖企业，如在绵羊选种选配方面，为了提高多胎品种绵羊产羔数，学生需要设计涵盖 *FecB* 基因的 SNP 分型，筛选突变纯合体，组建高繁群体的综合方案。

2.2.3 虚拟仿真实验 虚拟仿真实验系统是借助虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、数字孪生及智能计算技术，构建的高度模拟真实实验场景、设备操作和科研流程的数字化平台，旨在通过沉浸式交互体验实现实验教学的创新与拓展。该系统突破传统实验在时间、空间、材料及安全等方面的限制，将复杂实验环境、高成本设备或高危操作转化为可交互的虚拟场景，支持用户进行实验设计、操作模拟、数据采集与分析。其核心功能包括：还原高精度实验场景（如实验室布局、仪器操作界面），提供交互式操作体验（如虚拟仪器的拆卸、参数调节、流程推演），集成数据处理与智能反馈（如实时显示实验参数变化、自动生成实验报告、智能纠错提示），并可根据教学需求设计验证性、设计性、创新性等多层级实验项目。通过虚实结合的方式，虚拟仿真实验系统不仅能辅助学生掌握基础实验技能，还能支持复杂科研问题的模拟探索，助力跨学科、跨地域的协同实验，为教育教学、科研创新提供低成本、高效率的实践平台，推动从“验证性实验操作”到“创新性实验设计”的能力培养升级。

学生登录虚拟仿真实验平台后，能身临其境体验实验模拟操作，并可重复练习[14]。与传统实验教学课程相比，虚拟仿真实验平台具有高度的真实性、安全性、互动性和沉浸感，能够有效地弥补传统教学方法的不足，提高学生的学习兴趣和能力。如开发“基因组选择模拟系统”，学生可调整标记密度、群体大小等参数，直观观察育种的准确性变化规律；群体遗传模拟，利用 SLiM 软件构建动物种群历史模型，通过改变迁移率、选择强度等参数，预测未来遗传多样性流失风险；沉浸式操作训练，通过 VR 技术模拟显微注射（如小鼠受精卵 CRISPR 注射），系统实时反馈操作角度、力度等参数得分。

2.3 实践环节强化

在三维联动创新体系中，方法维度的延伸聚焦于通过校企协同构建“学—研—产”贯通的实践链，强化实践环节，其核心在于打破高校与企业的边界，将产业真实需求、科研前沿问题与教学实践深度融合，形成“学习场景对接产业场景、研究课题对接技术难题、实践成果对接市场需求”的培养路径。产学研协同机制是通过企业、高校、科研机构的深度合作，整合产业需求、知识供给与技术研发等创新资源，形成优势互补、目标一致的协同创新生态：企业发挥市场洞察力与产业化能力，高校提供基础研究支撑与人才储备，科研机构聚焦应用技术攻关，三方围绕产业关键问题开展联合研发，共建平台，共享资源，推动科研成果向现实生产力转化，同时定向培养适应产业需求的创新人才，实现创新链、产业链、人才链的深度融合与价值共创。可以通过实施“双导师制”，企业工程师指导学生进行实操，校内教师负责理论深化。培养学生科学研究、综合设计和解决实际问题的能力，突出该课程的综合性和实践性。

2.4 考核评价体系改革

根据三维联动创新体系中的评价维度，构建“过程—能力—创新”三维评价模型。动物遗传学教学评价改革需突破传统“知识记忆型”考核局限，建立以学生能力发展为核心、贯穿“学习轨迹－应用效能－创新潜力”的立体化评价体系，通过强化过程性考核，采用多元化考核方式的深度耦合，实现“教—学—评”的精准对接与动态反馈。

2.4.1 过程性评价机制 通过过程性评价机制，对学生学习过程中知识建构、技能训练、思维演进进行深度刻画与动态赋能，实现“以评促教、以评促学”的双向校准，最终构建起数据驱动、动态反馈、持续改进的过程性评价生态，让每个学生的学习过程成为能力提升与教学优化的双重依据。在知识建构过程的评价指标中，注重概念理解深度和对前沿知识的吸收度；在技能训练过程指标中，注重实验操作的规范性，数据处理的严谨度；在思维演进过程的评价指标中，注重跨学科迁移能力，以证明其具备“学科交叉思维”，在“创新潜力”维度赋予额外权重。考核评价既注重知识的掌握和应用程度，也注重学习能力的提升程度。

2.4.2　多元化考核方式　动物遗传学教学改革中的多元化考核体系以“能力导向、过程追踪、动态反馈”为核心,通过多维评价工具与场景化考核模式的深度融合,突破传统单一考核方式的局限,形成覆盖知识内化、方法迁移、创新实践的全链条评价模式。依托“理论—技术—素养”三维能力权重模型,结合考核工具矩阵,整合模块化测试、虚实融合实验和产业情景模拟,在基础方面完成群体遗传结构分析、遗传力和遗传相关计算等标准化试题,拓展方面自选相关主题进行学术报告,结合阶梯式项目数据模拟分析,并通过智能评价平台整合多源数据,动态调整考核权重。从学生对课程的参与度、积极性、创造力、问题解决能力和对知识的掌握程度等方面进行全面且细致的评价[15]。确保多元化考核精准驱动“知识—方法—创新”螺旋提升,为现代畜牧业培养复合型人才提供科学评价支撑。

3　结语

通过构建“知识—方法—评价”三维联动的立体化教改体系,将前沿遗传学理论与产业真实需求深度融合,借助虚拟仿真实验、项目式学习、校企联合实践等创新方法,系统提升学生解决复杂遗传学问题的能力。动物遗传学教改应聚焦畜牧业的高质量发展与创新需求,培养出更多兼具扎实遗传理论功底、卓越实践创新能力和产业洞察力的复合型人才,为保障国家畜禽种业安全、推动生物育种技术突破输送源源不断的“生力军”,让学科发展的根基深深扎进产业土壤,在服务国家战略与行业需求的进程中实现教育价值的最大化。

参考文献:

[1]方美英, 何帅涵, 董柠其, 等. 新农科建设背景下《动物遗传学》思政教学的探索与实践[J]. 畜牧兽医杂志, 2023, 42(6): 110 – 114117

[2]朱晓玲. 表观遗传调控机制概述[J]. 中学生理科应试, 2024(5):108 – 109

[3]秦丽丽. 基于 Crisper cas9 基因编辑技术的发展及前景[J]. 亚洲临床医学杂志, 2021, 8(3): 60 – 63.

[4]张国锋, 肖宛昂. 智慧畜牧业发展现状及趋势[J]. 中国国情国力, 2019(12): 33 – 35.

[5]张靓靓. 智慧畜牧业发展的问题及解决措施[J]. 畜牧产业, 2024(10): 29 – 32.

[6]陈海云, 林晓, 莫秋月, 等. 精准基因编辑技术培育抗病种猪的发展与评价[J]. 中国畜禽种业, 2023, 19(2): 68 – 72

[7]赵雪洋, 李丹妮, 王钰晨, 等. 东湖杂交羊产羔性状的 GWAS 分析及候选基因 GRID 2 的验证[J]. 畜牧兽医学报, 2023, 54(11): 4625 – 4635.

[8]苗永旺, 王配, 滕晓红, 等. 动物遗传学课程教学改革探索[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(6): 276 – 279

[9]张瑞娜, 余道伦, 黄林, 等. “动物遗传学”课程多层次性实验教学改革与实践探索[J]. 皖西学院学报, 2023, 39(5): 35 – 39.

[10]陈志亮, 关蓓蓓, 韩瑜, 等. 高校专业课程考核方式现状及改革研究[J]. 西部素质教育, 2017, 3(21): 173 – 174.

[11]王忠凯, 李玉全. 新农科建设背景下水产养殖学专业遗传学课程教学改革研究[J]. 大学教育, 2024(14): 38 – 42.

[12]李红艳. 混合式教学模式下课程建设与教学实践研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)教育科学, 2024(12): 054 – 057

[13]蒋翔, 王树梅. 基于项目驱动的“深度学习”课程教学改革[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2024, 42(4): 75 – 77.

[14]赵志东, 赵生国, 蔡原, 等. 基于虚拟仿真实验的动物遗传学实验课程教学改革探索[J]. 商丘师范学院学报, 2024, 40(12): 93 – 95.

[15]范丽婷, 宋峰. AI 在基础医学 PBL 教学中的应用探索[J]. 基础医学教育, 2025, 27(3): 264 – 267.

划破草皮对草地的影响研究进展

刘辰鹏[1],朱进辉[2],王晓丽[1*],刘兴菊[1],马 源[2],马玉寿[2],赵新全[1]
(1. 青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室,青海 西宁 810016;
2. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016)

摘 要:本文从划破草皮对草地植物生产力、群落结构、根系和土壤物理性状、土壤化学性质和土壤生物的影响等方面,对划破草皮的研究背景、研究现状及发展趋势进行了系统梳理和分析。结合草学和生态学的学术前沿研究成果及国家对建立生态安全屏障、推进“双碳”进程等的重要需求,探讨未来应加强新技术、新方法在草地改良技术跨尺度监测中的应用,深化地上—地下生态系统研究的融合,研发近自然修复技术与模式,从而为草地生态系统的科学管理、生态恢复和可持续发展提供更有力的理论依据与实践指导。

关键词:划破草皮;草地;植被群落;生物量;土壤理化性质
中图分类号:S812 **文献标识码**:A **文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0041 - 08

1954 年,任继周院士在对青藏高原东缘的研究中发现,草根絮结密实的草毡土致使牧草生长不佳,而老鼠洞旁的草却生长茂盛,由此开启了划破草皮试验[1]。通过联合农机研发部门研制出不翻土,仅划破草皮却并不破坏草原的燕尾犁,极大地改善了土壤的通气、透水效果,为草地改良提供了关键技术支持[2]。经其推广,划破草皮技术成为内蒙古、四川等多省份大规模改良草原的常规方法,在生态恢复和草地生产力提升方面发挥了重要作用。有研究表明,划破草皮在提高植被高度、总盖度和地上生物量等方面效果显著。

由于放牧、施肥等人工措施以及全球气候变化的影响,全球 49% 的草地均发生不同程度的退化,严重影响了生态服务功能的发挥[3]。我国草原约占国土总面积的 41%,其中 70% 以上的草原发生了退化。退化草地的生态恢复是全球以及我国亟待解决的重大生态环境问题[4]。划破草皮作为关键的草地改良技术,通过改善土壤进而影响植被生长,在退化草地生态恢复和生产力提升方面发挥着重要作用。因此,本文统计和梳理了相关研究成果,系统分析了划破草皮对草地生态系统的影响及发展趋势,以期为草地生态系统的科学管理、生态恢复和可持续发展提供理论依据与实践指导。

1 研究现状

在中国知网(https://www.cnki.net/)以“划破草皮”为关键词搜索到 95 篇文献,最早的一篇文章题为《甘肃天祝永丰滩高山草原更新措施的研究简报》,于 1959 年发表在《甘肃农业大学学报》上。自 2005 年开始,划破草皮相关研究文章发表频率逐渐上升;2022 年最多,发表量达到了 8 篇。

从主题分布词来看,划破草皮研究的主要主题分布排名前 3 的关键词为“划破草皮”“退化草地”和“高寒草甸”,次要主题分布排名前 3 的关键词为“划破草皮”“围栏封育”和“杂草类”;除了表征其基本属性的关键词外,主题关键词还有“任继周”“青藏高原”“生产力”“祁连山”“黑土滩”“青海省”及“有效途径”等。

划破草皮研究的学科涉及畜牧与动物医学、自然地理学与测绘学、农作物、人物传记、资源科学等,分别占 74.77%、7.48%、6.54%、2.80% 和 2.80%。

在 Web of Science(http://www-webofscience-com-s.vpn.qhu.edu.cn:8118/wos/research-assistant)以 scratching the grass 为关键词的文献有 109

收稿日期:2025 - 06 - 04
基金项目:国家自然科学基金(U21A20183;32260327);青海省帅才科学家负责制项目(2024 - SF - 101)
作者简介:刘辰鹏(2000 -),硕士研究生在读,主要从事退化草地生态修复和土壤生态研究。E - mail: 973329995@qq.com
通信作者:王晓丽(1985 -),研究员,博士生导师,主要从事退化草地生态修复与土壤生态研究。E - mail: wxl.yu@163.com

篇,最早的一篇文章题为“Additional notes on the biology of the Rocky Mountain spotted – fever tick”,于 1913 年发表在 *Journal of Economic Entomology* 上。2007 年之前,划破草皮相关文章以年均 1 ~ 2 篇的频率发表;2007 年后,以年均 4 ~ 5 篇的频率发表;2009、2015、2017 和 2018 年最多,年均 6 篇。

国外划破草皮研究的领域涉及动物学、环境科学、生态学、农业、营养学和动物科学等,分别占 7.3%、6.8%、4.7%、4.2% 和 3.9%。

2　划破草皮对草地的影响

2.1　划破草皮对植物群落特征的影响

划破草皮作为改善草地生态的一种手段,有着自身独特的作用机制和影响范围,其对植物群落的影响是多面的。短期内,地上生物量、盖度、植株密度、物种丰富度及地下生物量等指标均下降;长期来看,各指标受土壤、养分、植物恢复及环境等因素影响,且不同地形地下生物量变化不同[5]。对植物群落碳、氮、磷循环、牧草质量和光合作用以及物种多样性和稳定性也有影响[6]。

划破草皮通过改善土壤的通气性和透水性,促进植物根系生长,有利于植物地上部分生长[7],使植被高度增加,也有利于植物种子萌发和幼苗生长,增加植物个体数量和存活率,从而增加植被总盖度。划破草皮通过改善土壤物理性质和养分状况,为植物生长提供更好条件,促进植物地上部分生长和生物量积累[8]。

划破草皮对草地生态系统的碳、氮、磷循环、牧草质量及光合作用均产生显著且复杂的影响。地上生物量与光合吸碳面积锐减致使碳固定弱化;植被—微生物氮平衡破裂,根系受损,引发土壤氮素相对富集,后续新植被发育或重塑氮素的分布格局[9];草皮被划破导致土壤构型发生改变,颗粒磷得以释放,土壤磷浓度上升。牧草质量受多种因素影响,植被受损会干扰营养合成。光合器官的损毁与叶面积缩窄也会抑制光合作用[10]。

划破草皮对草地生态系统有多方面作用,可能改变群落结构,适应新土壤条件的植物种优势增加,不适应的会减少。草皮划破改变土壤环境,对物种多样性与稳定性产生双重影响。一方面,部分植物因环境变化而受到影响,物种多样性下降,但也可为新物种的入侵提供机会,促使多样性增加;另一方面,该变化利于植物再生与生长,可丰富动物食物,扩大栖息地,同时优化群落结构、改良土壤,增强生态系统的抵抗力,实现物种的稳定[11]。

2.2　划破草皮对根的影响

划破草皮后,根系遭受机械性创伤,根的生物量与体积减小,根变细,根尖及侧根断裂,致使根系在土壤中的分布范围与生长面积缩减,对土壤水分和养分等资源的获取能力减弱。植物根系因碳源匮乏而生长迟滞,土壤微生物群落因底物不足其活性亦受遏制,地下碳汇的积累速率显著下滑[12],植物对土壤中氮素的吸收效能大幅削弱,土壤中氮素的相对含量上升,同时根际微生物与植物根系间的共生体系遭受冲击,豆科植物的固氮功能受损,生态系统氮素输入量减少[13]。一段时间后,土壤物理结构得以优化,通气性与透水性得以改善,根系则呈繁茂生长态势,其分泌的有机物质可为土壤微生物提供丰富碳源,激发微生物活性,促进碳的循环与转化[14]。划破草皮使土壤结构遭受物理破坏,致使磷素的吸附—解吸平衡被打破,根系受损使其对磷素的吸收能力受限。随着根系不断发育并成为主导地下磷循环的核心要素,根系开始分泌多种有机酸类物质,此类物质可与土壤中的难溶性磷发生化学反应,提升磷的生物有效性与植物吸收量,推动地下磷循环的持续运转与磷库的逐步积累[15]。

因此,划破草皮对地下根系的生长发育以及地下碳、氮、磷的循环产生了复杂且具有阶段性的明显的影响。在土壤环境改善后,能促使地下生态系统各要素通过自身调节机制,实现物质循环的优化,增强根系对环境的适应性,维持地下生态系统的稳定性。

2.3　划破草皮对土壤性质的影响

2.3.1　划破草皮对草地土壤物理性状的影响

2.3.1.1　划破草皮对草地土壤团聚体的影响　划破草皮能够增强土壤的抗侵蚀能力,而稳定的土壤团聚体结构可以使土壤颗粒更好地结合在一起,降低土壤侵蚀的风险[16]。在降雨或者风力的作用下,具有良好团聚体结构的土壤不易被冲刷或吹走,有助于保持草地的肥力和地形地貌的稳定性,进而保护草地生态系统的完整性[17]。

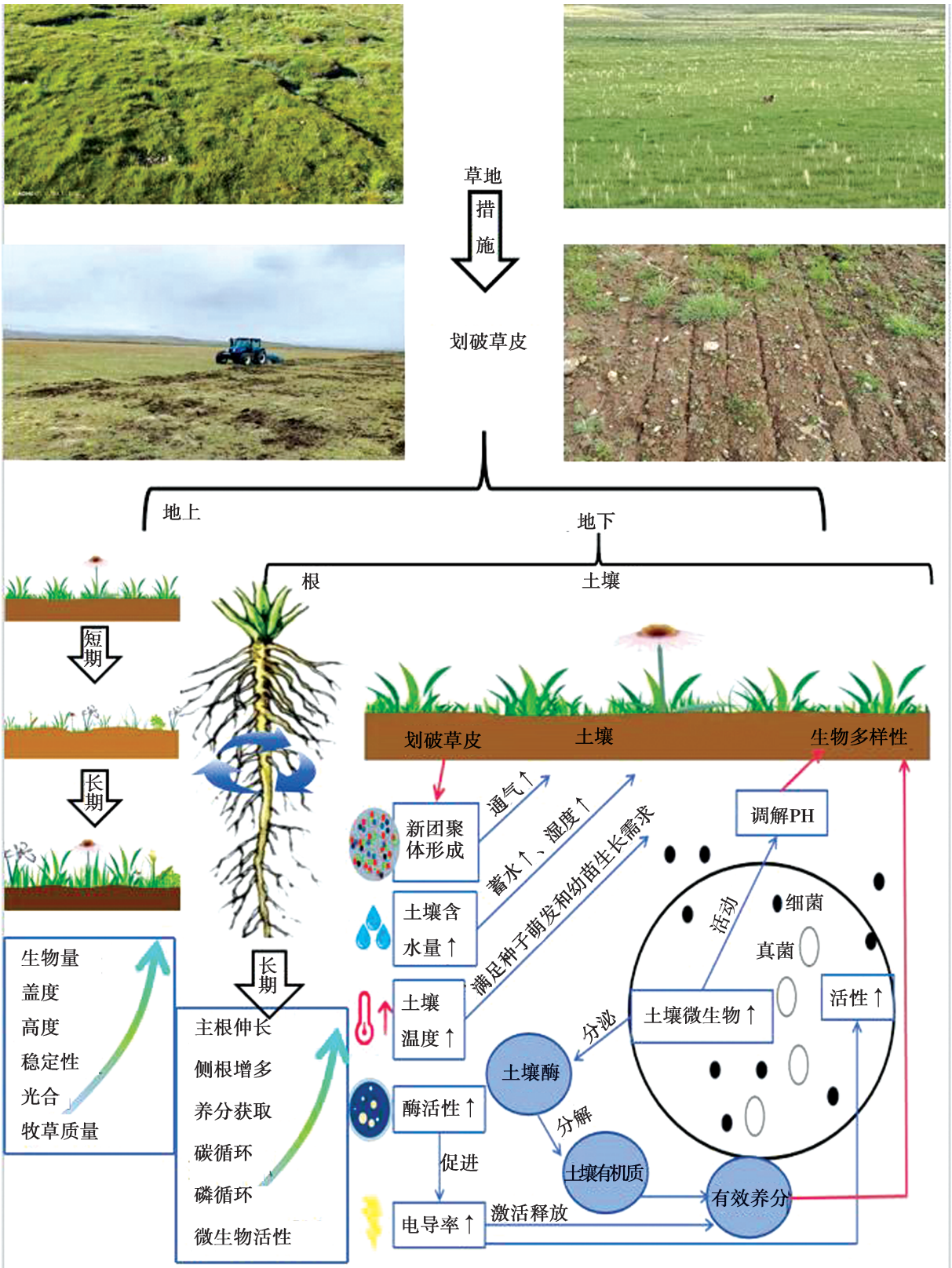

图 1 划破草皮对草地生态系统的影响

划破草皮后合理管理,配合适当的植被恢复措施,新生长的植物根系可以深入到划破形成的孔隙和裂缝中,随着根系的生长和死亡,根系残体可以增加土壤中的有机质含量,进一步改善土壤结构,促进土壤团聚体的形成并保持稳定。而土壤团聚体结构的改善有助于提高土壤的通气性、透水性和保水性,形成有利于植物生长的土壤环境[18]。

划破草皮还可以打破紧实的土壤表层,形成一些孔隙和裂缝,使空气能够更顺畅地进入土壤内部,为土壤微生物的呼吸作用提供充足的氧气,促进微生物的活动,有利于土壤中有机物的分解和养分的释放。同时,这些孔隙和裂缝也能增强土壤的渗入能力,让雨水更快地渗入土壤,减少地表径流,提高土壤的含水量,为植物生长提供更好的水分条件[19]。

因此,划破草皮具有增强土壤的抗侵蚀能力,改善土壤团聚体结构,促进土壤通气、透水与保水能力,为微生物活动创造有利条件及提升土壤含水量等多方面作用,可全方位改善土壤环境,有力维护草地生态系统的稳定与健康,为植物生长筑牢根基。

2.3.1.2　划破草皮对草地土壤含水量的影响　划破草皮能够打破土壤的紧实层,增加土壤的孔隙度,提高土壤的蓄水能力。划破草皮后,雨水能够更好地渗入土壤并储存起来,减少地表径流和水分流失,为植物生长提供更多的可利用水分[20]。

划破草皮能够调节局部小气候湿度。划破草皮后,土壤含水量增加,可以通过蒸发作用影响局部小气候的湿度,较高的土壤湿度可以使周围空气湿度相对提高,有利于植物的蒸腾作用和生长,同时也能为一些昆虫和微生物提供更适宜的生存环境。划破草皮能够维持生态系统平衡,草地含水量的改善对于整个草地生态系统的平衡至关重要。稳定的土壤含水量可以保证生态系统中各种生物的水分需求,维持食物链的稳定,提升生物的多样性,也能够更好地保持生态系统的功能完整性[21]。

因此,划破草皮可从增加土壤蓄水能力、调节局部小气候湿度、促进植被恢复生长以及维持生态系统平衡等多个关键层面,全面优化草地生态环境,有效推动草地生态系统朝着稳定、健康且高生产力的方向发展,对维护整个生态系统的稳定与平衡意义重大。

2.3.1.3　划破草皮对草地土壤电导率的影响　划破草皮能够激活土壤养分释放,可能会短暂地增加土壤的电导率,这是因为对土壤结构的扰动促使一些原本被吸附或固定在土壤颗粒上的离子态养分释放到土壤溶液中,植物更容易吸收这些养分[22]。在一些土壤中,划破草皮后土壤溶液中的钾离子、铵离子等阳离子和磷酸根离子等阴离子浓度可能会暂时升高,为植物生长提供更多的营养物质。

适度的电导率变化可以激发和增加土壤微生物的活性。稳定的土壤电导率有助于维持草地生态系统中生物的生理平衡。不同的生物对土壤电导率有一定的适应范围,适宜的电导率可以确保植物正常生理功能的发挥,如渗透压调节、离子吸收等,同时也为动物提供适宜的食物资源和生存环境,从而维持整个生态系统的稳定性。微生物在适宜的电导率环境下,其代谢过程更加活跃,分解有机物的速度加快,进一步释放出更多的养分供植物吸收利用[23]。同时,微生物活动的增强也有助于改善土壤结构,促进土壤团聚体的形成。

因此,划破草皮通过激活土壤的养分释放,引发土壤电导率出现有益变化,不仅为植物提供更多可吸收的养分,增加土壤的微生物活性,维持生态系统中生物的生理平衡,还可在长期作用下优化土壤养分循环,使土壤肥力得以提升,推动植物生长与生态系统的健康发展,对草地生态系统的稳定和繁荣发挥不可或缺的作用。

2.3.1.4　划破草皮对草地土壤温度的影响　划破草皮后,土壤表面温度在一定程度上会升高,这对于一些需要较高温度才能萌发的植物种子来说是有利的[24]。在春季,划破草皮后的草地土壤升温较快,可以提前满足一些草本植物种子的萌发温度要求,促进种子萌发。划破草皮后土壤温度的升高也可以使微生物的代谢活动增强,分解有机物的速度加快,释放出更多的养分供植物吸收利用[25]。在适宜的温度范围内,一些分解纤维素和蛋白质的微生物活性提高,可促进土壤中有机物质的循环。

划破草皮对草地温度的影响可以在一定程度上调节生态系统的热量平衡。在不同季节,划破草皮区域与未划破草皮区域的温度差异可以影响空气的流动和热量的交换,有助于形成局部的小气候。夏季高温时,划破草皮区域的温度升高可能促使热空气上升,带动周围空气流动,增加空气的交换,降低局部温度过高对植物的危害;冬季,土壤温度的变化也可以

影响积雪的融化速度和土壤的冻融过程,对草地生态系统的水分循环和土壤物理性质产生影响,有利于植物的生长和生态系统的稳定[26]。

因此,划破草皮能借助升温满足种子萌发与幼苗生长需求,增强微生物活性,还能调节生态系统热量平衡,影响小气候、水分循环和植物物候期,提升植物的抗逆性与竞争力,对草地生态系统的稳定和植物群落的发展意义重大。

2.3.2 划破草皮对草地土壤化学特性的影响

2.3.2.1 划破草皮对草地土壤养分的影响 划破草皮结合植被恢复和土壤改良措施,可以改善土壤的化学性质。随着植物的生长和凋落物的归还,土壤中的有机质含量增加,缓冲性能增强,有助于稳定土壤结构,减少剧烈波动,为植物生长提供更稳定的化学环境[27]。

划破草皮会使土壤中的氮素出现一定程度的波动。一方面,机械划破过程可能会破坏土壤结构,导致一些原本固定的氮素释放出来,在短期内提高土壤中可利用氮的含量。另一方面,划破后土壤通气性和透水性增强,可能促进土壤中微生物的活动,微生物的分解作用可能加速有机氮的矿化,从而增加土壤中的铵态氮和硝态氮含量[28]。

划破草皮会使土壤中的磷素的有效性发生变化。机械划破可能使土壤中的部分难溶性磷转化为可利用性磷,提高了土壤中有效磷的含量。同时,土壤结构的改变也可能影响磷在土壤中的分布和迁移。划破草皮后的土壤条件有利于植物生长和微生物活动。植物根系的生长会促进土壤中磷的活化和吸收,微生物的作用也可能影响磷的转化。植物的吸收、凋落物的归还以及微生物的作用共同影响着土壤中磷的含量和形态[29]。

划破草皮破坏了土壤表层的完整性,使得雨水冲刷和风蚀乘虚而入,土壤颗粒中钾离子随径流散失,尤其是在坡地,流失速度更快;同时,土壤通气、透水状况改变,加速了钾的淋溶,大量钾离子随水分下渗至根系难以企及的深层土壤,导致草地有效钾含量锐减[30]。另一方面,土壤翻动破碎促使固定钾释放,转化为可供植物根系吸收的交换性钾,提升了土壤钾的有效性。

因此,划破草皮对土壤中氮、磷、钾元素的影响复杂且具有阶段性。初期,氮素波动,之后受植被、微生物等影响;磷元素的有效性改变,中期受植物、微生物作用,长期趋于平衡;钾元素短期释放,长期易流失。这些影响共同作用于草地生态物质循环与稳定,需综合管控。

2.3.2.2 划破草皮对草地土壤 pH 的影响 划破草皮能够调节土壤的酸碱度平衡,打破土壤酸碱度过高或过低的局部限制,使土壤 pH 趋向于更适宜植物生长的范围。在酸性土壤中,划破草皮后土壤通气性改善,一些酸性物质可能通过氧化等过程被中和,使 pH 有所升高;在碱性土壤中,可能促进一些酸性物质的产生或增加土壤中氢离子的交换,使 pH 降低,从而达到一定程度的酸碱平衡调节[31]。适宜的土壤 pH 有利于不同植物物种的生长和定居。随着土壤 pH 的稳定和改善,一些原本受 pH 限制而难以生长的植物可能会逐渐在草地中出现,促进植物群落的演替和丰富度增加,提高草地生态系统的生物多样性和稳定性[32]。

因此,划破草皮凭借调节土壤酸碱度平衡,使土壤 pH 趋向适宜范围,提升养分有效性,促进植物生长,加之改善土壤化学性质,稳定 pH,推动植物群落演替与丰富度提升,对草地生态系统生物多样性的增加和稳定性的增强发挥关键作用,有力维护草地生态系统的健康与平衡。

2.3.3 划破草皮对草地土壤生物性状的影响

2.3.3.1 划破草皮对草地土壤酶活性的影响 划破草皮的机械操作对土壤的扰动,会导致土壤酶活性出现波动。一方面,划破过程可能破坏土壤结构,使土壤中的微生物群落受到一定程度的冲击,从而影响土壤酶的产生和活性。另一方面,划破草皮使土壤中的氧气含量增加,这对于某些好氧微生物来说是有利的,可能会在短期内刺激一些与氧化还原反应相关的酶活性上升。除此之外,划破草皮改善了土壤的通气性和透水性,有利于土壤中微生物的生长和繁殖,微生物数量的增加可能促使土壤酶活性逐渐恢复甚至提高[33]。同时,透水性的增强可以使土壤中的水分分布更加均匀,有利于微生物的代谢活动,进而提高与氮、磷转化相关的酶如脲酶、磷酸酶等的活性。如果划破草皮后草地生态系统得到良好的恢复,土壤酶活性会逐渐稳定在一个新的平衡状态。一方面,新生长的植被通过根系分泌物为土壤微生物提供了营养物质,促进了微生物的生长和酶的分泌。另一方面,

土壤中的微生物群落也会随着环境的变化而发生适应性调整,形成新的群落结构,其分泌的酶种类和活性也会相应改变[34]。

因此,划破草皮对土壤酶活性的影响具有阶段性特征,在短期内,因机械扰动使酶活性波动,部分酶活性下降,部分与氧化还原相关的酶活性上升;从中期来看,改善的通气和透水条件促使微生物生长繁殖,带动酶活性恢复与提高;从长期来看,在草地生态系统良好恢复的前提下,植被与微生物相互作用,使土壤酶活性稳定在新的平衡状态,推动草地生态系统的物质循环和能量流动。

2.3.3.2　划破草皮对草地土壤微生物及线虫的影响

划破草皮的机械操作会破坏土壤结构,扰乱土壤微生物的生存环境,导致部分微生物死亡,使土壤微生物总量暂时减少。土壤通气性和透水性的突然改变也会使微生物群落面临压力,一些对环境变化敏感的微生物种类受到抑制。划破草皮后土壤中有机物质的暴露和分解加快,为微生物提供了更多的营养物质,促进微生物群落的恢复和发展[35]。

划破草皮会直接伤害部分线虫个体,导致线虫数量暂时下降。土壤环境的突然改变也会使线虫的生存条件发生变化,一些对环境敏感的线虫种类可能因难以适应而减少[36]。随着土壤条件的改善,线虫的生存环境逐渐恢复。新的植物生长和有机物质的积累为线虫提供了食物来源,线虫数量可能逐渐回升,线虫的活动可以促进土壤养分的循环和释放,对草地生态系统的稳定性和可持续性产生影响[37]。

因此,划破草皮对土壤微生物和线虫的影响呈阶段性。在短期内,因机械操作与环境骤变,二者数量减少、部分敏感种类受抑制;随土壤条件的改善,数量逐渐恢复,群落结构改变;从长期来看,在生态系统稳定过程中,二者群落趋向新平衡,对维持土壤肥力、保障草地生态稳定和可持续意义重大。

3　展望

3.1　划破草皮对草地能量通道的影响

有关划破草皮对草地能量通道的影响研究目前较少。划破草皮会对草地能量通道,尤其是真菌通道和细菌通道的周转,产生多方面的复杂影响。一方面,草地上的真菌和细菌在生态系统中的角色不同,真菌通常在有机质分解和养分循环中起作用,细菌则进行快速有机质分解和养分矿化,划破草皮改变了土壤物理结构,影响了微生物分布和活动,进而改变了土壤中有机物的可用性,影响了真菌和细菌的周转速率[38]。另一方面,土壤食物网中的能量流动可能因草皮破坏而受影响,细菌和真菌作为关键组成部分,其以不同途径参与能量流动和有机质分解,草皮破坏会改变这些途径的相对优势,影响土壤食物网结构和功能[39]。同时,草皮破坏还可能影响植物根系的周转速率。根系不仅为植物提供养分和水分,还与土壤微生物相互作用,更多根系暴露在土壤表面会增加微生物可利用性。此外,草皮破坏使土壤直接受环境因素如温度、湿度和光照影响,这些因素影响真菌和细菌的代谢活动和生长速率,最终改变土壤的养分循环、微生物群落结构和土壤食物网功能[40]。可通过增加研究频次、增加对照试验、增长研究时间跨度,更好地研究划破草皮对草地真菌通道、细菌通道的影响,从而为深入探究划破草皮对草地能量通道的作用机制打下基础,加深对能量流动规律的理解,填补研究空白,为草地生态系统的科学管理和可持续发展提供理论支撑,以制定更有效的保护利用策略。

3.2　划破草皮对草地微生物群落结构的影响

目前,关于划破草皮对草地真菌残体碳、细菌残体碳的影响研究很少。划破草皮可以通过影响草地的干旱程度,进而影响微生物残体碳对土壤有机碳的贡献。同时,划破草皮对草地微生物群落结构的影响复杂,会改变土壤的物理结构和微生物栖息地,进而影响真菌和细菌的分布与活性。真菌残体碳(F)与细菌残体碳(B)的比率,受土壤环境、植被类型和气候条件等因素影响[41]。如在青藏高原退化高寒草甸及人工建植草地的研究中,虽发现微生物群落趋于均质化分布,但具体比率还需更多的数据分析。有关农田、草地和森林土壤研究表明,草地土壤中微生物残体碳对有机碳的贡献相对较高,且与活体微生物群体主导地位对应[42]。此外,土壤中微生物残体碳的保存和稳定性更多受微生物转化和矿物结合的影响,意味着草皮划破后若这些活动活跃,比率可能保持相对稳定[43]。总之,草皮划破可能影响草地微生物群落结构及真菌和细菌残体碳的比率,但其程度和方向因具体的环境条件和土壤特性而异,需要更多实地研究和实验数据来具体分析。后续可以通过设置多梯度划破处理的长期定位实验,同时结合不同气海拔、不

同处理的样地选择,运用先进的分子生物学技术和稳定同位素示踪方法,更好地研究划破草皮对草地真菌残体碳、细菌残体碳的影响,从而明晰划破草皮在不同生态背景下对微生物残体碳的作用机制,填补当前研究空白,为草地生态系统碳循环的精准调控与科学管理提供关键理论依据。

参考文献:

[1]胡建国. 划破草皮是改良退化草地的有效方法[J]. 青海草业, 1996, 5(3): 30 – 31.

[2]李旭谦. 青海省退化草地治理与恢复的技术措施[J]. 青海科技, 2018, 25(6): 34 – 39.

[3]曹云芬. 草原生态修复治理面临的挑战及对策[J]. 农村科学实验, 2024(16): 37 – 39.

[4]任继周, 沈禹颖. 我国草地资源面临的生态危机及对策[J]. 农业现代化研究, 1990, 11(3): 9 – 12.

[5]DONOVAN M, MONAGHAN R. Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion: A novel geospatial modelling approach[J]. Journal of Environmental Management, 2021(287): 112206.

[6]何丹. 改良措施对天然草原植被及土壤的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.

[7]樊博, 林丽, 曹广民, 等. 不同演替状态下高寒草甸土壤物理性质与植物根系的相互关系[J]. 生态学报, 2020, 40(7): 2300 – 2309.

[8]杨聪颖, 丁颖, 马扶林, 等. 气候变化通过调控青藏高原高寒草原植物生育期影响地上生物量积累[J]. 应用生态学报, 2024, 35(5): 1260 – 1268.

[9]肖祥铭, 常生华, 贾倩民, 等. 利用方式、种植模式和施氮对多年生牧草产量及品质的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(4): 703 – 715.

[10]BHATTACHARYYA S S, FURTAK K. Soil-Plant-Microbe interactions determine soil biological fertility by altering rhizospheric nutrient cycling andbio crust formation[J]. Sustainability, 2022, 15(1): 625.

[11]ECOMAS L ,EBECKER S ,CRUZ V M V,*et al*. Root traits contributing to plant productivity under drought[J]. Frontiers in Plant Science, 2013(4): 442.

[12]穆少杰, 周可新, 陈奕兆, 等. 草地生态系统碳循环及其影响因素研究进展[J]. 草地学报, 2014, 22(3): 439 – 447.

[13]曾凯, 刘琳, 蔡义民, 等. 地下生态系统中氮素的循环及影响因素[J]. 草业科学, 2017, 34(3): 502 – 514.

[14]孙政国, 孙成明, 李建龙, 等. 我国草地生态系统碳循环机制及碳蓄积核算研究回顾与展望[J]. 草业科学, 2011, 28(9): 1611 – 1616.

[15]LIZCANO T R, REYES M N M P, CELI L,*et al*. Phosphorus dynamics in the soil – plant – environment relationship in cropping systems: A review[J]. Applied Sciences, 2021, 11(23): 11133.

[16]李林芝, 张德罡, 马源, 等. 不同退化程度高寒草甸土壤团聚体养分及生态化学计量特征研究[J]. 草业学报, 2023, 32(8): 48 – 60.

[17]MA L, WANG Q, SHEN S. Response of soil aggregate stability and distribution of organic carbon to alpine grassland degradation in Northwest Sichuan[J]. Geoderma Regional, 2020(22): e00309.

[18]李可依, 愚广灵, 陈末, 等. 不同利用方式对高寒草地土壤团聚体稳定性及其有机碳含量分布的影响[J]. 水土保持通报, 2023, 43(1): 332 – 340.

[19]马星星, 鄢燕, 鲁旭阳, 等. 藏北高寒草地地下生物量特征及其与土壤水分的关系[J]. 生态环境学报, 2016, 25(2): 189 – 195.

[20]CHEN X, ZHANG Z, CHEN X, *et al*. The impact of land use and land cover changes on soil moisture and hydraulic conductivity along the karst hillslopes of southwest China[J]. Environmental Earth Sciences, 2009, 59(4):811 – 820.

[21]陈玫妃, 曾辉, 王钧. 青藏高原高寒草地土壤水分生态特征研究现状[J]. 中国草地学报, 2015, 37(2): 94 – 101.

[22]潘昭隆, 刘会芳, 赵帅翔, 等. 氮肥投入对不同土壤类型电导率变化的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2021, 50(4): 533 – 537.

[23]杨红, 徐唱唱, 赛曼, 等. 不同土地利用方式对土壤含水量、pH 值及电导率的影响[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(11): 1922 – 1927.

[24]李瑶, 吴菁菁, 吴忠玉, 等. 高寒沙化草地自然演替恢复下土壤有机碳矿化及其温度敏感性研究[J]. 草地学报, 2024, 23(9): 2686 – 2694.

[25]徐丽, 于书霞, 何念鹏, 等. 青藏高原高寒草地土壤碳矿化及其温度敏感性[J]. 植物生态学报, 2013, 37(11): 988 – 997.

[26]PEI J, YAN D, LI J, *et al*. Alpine meadow degradation enhances the temperature sensitivity of soil carbon decomposition on the Qinghai – Tibetan Plateau[J]. Applied Soil Ecology, 2022(170): 104290.

[27]CHEN C C, XIAO B, YU Y B, *et al*. Spatial variability of soil organic matter and pH and the correlation to available nutrients in the tea garden of southern Shaanxi[J]. 2009, 37

(1):182 - 188.

[28]闫钟清, 齐玉春, 董云社, 等. 降水与氮沉降变化对草地关键氮过程的影响研究进展[J]. 中国环境科学, 2016, 36(4):1189 - 1197.

[29]陶冬雪, 高英志. 土壤解磷微生物促进植物磷素吸收策略研究进展[J]. 生态学报, 2023, 43(11):4390 - 4399.

[30]董全民, 蒋卫平, 赵新全, 等. 放牧强度对高寒混播人工草地土壤氮、磷、钾含量的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2007, 37(5):4 - 6.

[31]YANG J, WEI H, ZHANG J, *et al*. Land use and soil type exert strongly interactive impacts on the pH buffering capacity of acidic soils in South China[J]. Sustainability, 2022, 14(19):12891.

[32]CHEN C C, XIAO B, YU Y B, *et al*. Spatial variability of soil organic matter and pH and the correlation to available nutrients in the tea garden of southern Shaanxi[J]. Journal of Northwest A&F University, 2009(37):182 - 188.

[33]史惠兰, 刘梦萍, 庞文豪, 等. 不同类型高寒草地土壤酶活性测定与分析[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(15):2835 - 2839.

[34]曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003(1):105 - 109.

[35]周天祺, 孔维栋, 陈昊. 青藏高原草地土壤微生物研究进展[J]. 生态学杂志, 2023, 42(4):983 - 990.

[36]王宇彤, 牛克昌. 青藏高原高寒草甸土壤环境对线虫功能多样性的影响[J]. 生物多样性, 2020, 28(6):707 - 717.

[37]张晓珂, 梁文举, 李琪. 我国土壤线虫生态学研究进展和展望[J]. 生物多样性, 2018, 26(10):1060 - 1073.

[38]DE VRIES F T, LIIRI M E, BJ RNLUND L, *et al*. Land use alters the resistance and resilience of soil food webs to drought[J]. Nature climate change, 2012, 2(4):276 - 280.

[39]ZHENG H, GAO D, ZHOU Y, *et al*. Energy flow across soil food webs of different ecosystems: Food webs with complex structures support higher energy flux[J]. Geoderma, 2023(439):116666.

[40]PAN F, YAN R, ZHAO J, *et al*. Effects of grazing intensity on soil nematode community structure and function in different soil layers in a meadow steppe[J]. Plant and Soil, 2022, 471(1):33 - 46.

[41]陈炀, 赵泓凯, 李通, 等. 基于文献计量分析的土壤微生物残体研究态势[J]. 土壤通报, 2024, 55(1):242 - 253.

[42]HUANG L, HU H, BAO W, *et al*. Shifting soil nutrient stoichiometry with soil of variable rock fragment contents and different vegetation types[J]. Catena, 2023(220):106717.

[43]LYONS K G, TK P, HERMANN J M, *et al*. Challenges and opportunities for grassland restoration: A global perspective of best practices in the era of climate change[J]. Global Ecology and Conservation, 2023(46):e02612.

一年生禾本科饲草再生性研究进展

加羊吉[1],蒲小剑[1,2],赵媛媛[1,2],王 伟[1,2],张海英[1],孙 浩[1],薛风娟[1],徐成体[1,2*]
(1. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016;
2. 农业农村部西北耕地保育及边际土地改良企业重点实验室,青海 德令哈 817000)

摘 要:本文综述了一年生禾本科饲草机械损伤后再生的研究现状。首先,从生理生化和表型变化两个角度探讨了植株的再生机制。其次,从遗传和非遗传两方面分析了影响植株再生的因素,品种间再生基因表达水平不同,光、热、水等环境因素影响其光合作用效率、营养吸收和生长速率,进而调节再生速度和再生草量,刈割时期、留茬高度、施肥等管理措施相互关联,共同塑造一年生饲草的再生能力与生长态势。最后,进一步解析再生机制,挖掘关键再生基因,并通过遗传改良和管理措施优化,培育具有更强再生能力的饲草新品种,从而提高饲草产量和可持续利用效率。

关键词:一年生;饲草;再生性;饲草生产;研究进展
中图分类号:S816.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-7950(2025)04-0049-09

0 前言

在全国畜牧业迅速发展的背景下,饲草资源是规模化养殖的根基,充分利用饲草资源的优势尤其重要。一年生禾本科饲草以其生长周期短、生长迅速、再生能力强等特性,在建植人工草地、提高自然资源利用效率和饲草产业发展等方面占据重要地位。然而,随着畜牧业的集约化、产业化发展,饲草规模化生产也迎来了挑战,在饲草需求量持续攀升和贯彻可持续理念、保护草地资源的双重背景下,一年生禾本科饲草的栽培与高效利用已然成为缓解冬春饲草匮乏的关键策略,加之我国优质饲草仍很大程度依赖进口,为填补优质饲草料空缺,利用作物的多样化丰富并充实饲草料来源势在必行,作物多样化利用同时也能为生产者提供新的收益增长点。

目前,常见的一年生禾本科饲草主要有苏丹草[*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf][1]、高丹草(*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*)[1]、燕麦(*Avena sativa* L.)[2]、多花黑麦草(*Lolium perenne* L.)[3]、玉米(*Zea mays* L.)[1]、谷子(Setaria italica)[4]、大麦(*Hordeum vulgare* L.)[5]等。与多年生禾本科饲草相比,一年生禾本科饲草具有生长速度快、饲草转化率高和管理简单及栽培容易等优势,对保障饲料稳定供给和畜牧业稳定发展产生了积极影响。然而,在全球气候变化条件下,不同类型和品种的生物学特性和适应性差异使其再生能力存在显著差异,这些差异与原产地生长环境类型密切相关。当再生能力受到限制时,合理的刈割管理、田间管理策略和播种技术可以提高作物的适应性,激发作物的再生潜力。近年来,基于一年生禾本科饲草的再生特性,品种改良、栽培技术等研究取得了一定进展。本文结合前人在饲草再生方面的研究,综合分析一年生禾本科饲草的再生特性,揭示植株受到机械伤害后的防御和再生机制,探讨影响其再生能力的关键因素。通过优化一年生饲草刈割和再生的栽培技术和管理措施,充分发挥一年生禾本科饲草的再生潜力,缓解饲草“一季有余,两季不足”的现状。

1 一年生禾本科饲草刈割现状

随着人工草地面积的不断增加和我国《“十四五”全国饲草产业发展规划》等一系列政策的出台,饲草产业发展得到了系统的部署与推动[6]。面对

收稿日期:2025-05-28
基金项目:国家重点研发计划子课题(2022YFD1602312-3);青海省重大科技专项(2023-NK-A3);青海省“昆仑英才·高端创新创业人才·拔尖人才”
作者简介:加羊吉(2000-),硕士研究生在读,主要从事饲草栽培及加工研究。E-mail: jiayyy2000@163.com
通信作者:徐成体(1968-),硕士生导师,主要从事饲草栽培、加工及饲料化研究。E-mail: xuct@163.com

草畜矛盾的加剧和草地生产力提升的需求,要充分利用一年生饲草的再生能力,增加优质饲草供应,推动草食畜牧业发展提质增效。于哲等[7]以小麦(*Triticum aestivum* L.)、燕麦、黑麦(*Secale cereale* L.)三种饲用作物为研究对象,证明在生育期内刈割会促进其生长,且具有一定提质增效的作用。王增法[8]发现御谷[*Pennisetum americarum*(L.)Leeke]具有适应性广、刈割后再生性极强的优势,可作为粮草双高产的新兴作物。随后,王永军等[9]也验证了饲用玉米在生长季内刈割 3 次能实现其高产优质可持续利用。适度刈割很大程度上提高了玉米粗脂肪和粗蛋白含量,增加了玉米秸秆的产量,缓解了当地饲料不足的困境[10]。原保忠等[11]通过小麦盆栽实验发现,刈割去除顶端优势,能够促进小麦分蘖,并加快其恢复和再生长。大田试验发现,小麦刈割后消耗器官减少,提高了对水资源的有效利用,促进了营养物质的合理分配,实现了产量和品质双提高。针对小麦适宜刈割时期的研究发现,在苗期刈割小麦会因没有足够的时间恢复生长,严重阻碍小麦的再生和后期发育[12-13]。张盼等[14]研究发现,刈割后甜高粱(*Sorghum bicolor*)优先保证地上部再生,根系形态及根鲜重在刈割后先减缓生长后逐渐增加且超过刈割前,通过协同地上部和根系生长,快速完成甜高粱刈割后的补偿生长。此外,高粱和苏丹草杂交品种(高丹草)分蘖能力强,刈割后及时灌溉和追施速效氮肥也可以再生[15]。在刈割对饲草产量的影响方面,北方寒冷地区在燕麦出苗 30 d 后刈割可提高地上生物量的总干重[16]。在高水平氮素条件下,大麦刈割后生物产量和粮食产量最高[17]。张瑞珍等[18]研究发现,刈割对多花黑麦草再生速度、再生强度、产量及品质有显著影响。机械刈割后,植株主要依靠没有被完全刈割且能继续生长发育的叶片和茎分蘖。一年生饲草具有显著的生态效益和经济效益,通过合理的管理措施提高作物的再生能力和生产效益,在高寒区进行种植和利用也为当地提供了一种高产、可持续的饲料来源。现有研究表明,燕麦草、饲用玉米、谷子等一年生禾本科饲草在刈割后具有再生长的能力。

2　一年生禾本科饲草再生机制

再生(regeneration)是指生物体的组织或器官在受损或胁迫后自我修复或替换的过程[19]。通过损伤识别、信号传导、激素调控等多个环节激活生长点,促进再生根和再生芽萌发,从而生长出新组织、新器官甚至整个植株[20]。植物可重复再生的根本原因是植物细胞具有极高的全能性[21]。在农业生产中,成熟细胞通常在生长素和细胞分裂素诱导下分化成完整植株[21]。植株受到损伤后在经历信号传导、激素水平等生理生化反应的同时,其表型可能出现结构改变、再生能力增强等现象,修复损伤并增强对环境压力的适应性。

2.1　机械刈割对植株表型的影响

植株机械损伤后其表型会发生变化,草本植物损伤部位附近的节间或叶腋处长出新的侧枝,继续承担光合作用等生理功能,整个植株的形态也会逐渐恢复到较为正常的状态[22]。叶片是光合作用的主要场所,植株刈割后绿色叶片部分减少,植株的正常生长模式受到干扰,新叶的萌发与老叶的枯萎相互协调,其再生恢复的产量取决于再生的叶片数量[23]。研究表明,再生植株的叶片光合特性及水分利用效率等基本为亲本的中间值,叶绿素含量、光补偿点和光饱和点等表现出显著超亲优势[24]。植株机械损伤后残留叶片不足以截获有效光能,再生出器官后新同化的碳水化合物和新吸收的氮素才会迅速增加,产生更多的分蘖或改变资源分配模式来促进植物生长[25]。在 6 月底和 7 月底,轻度刈割可以提高青海草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)分蘖数,而中度和重度刈割移除了大量植被,减少了光合作用的营养物质积累,对植被生长造成负面影响[26]。适当的刈割提高了饲草对阳光和土壤养分的吸收效率,加强了其再生与分蘖能力,并对其生理指标的改善、叶片衰老化的延缓有重要的促进作用,同时也提高了牧草的营养品质及适口性,丰富了牲畜的采食选择,最终促进牧场生产效率的提高[27]。刈割后植物残茬和根系中的可溶性碳水化合物含量的变化趋势并非一致,其含量变化随利用方式的不同而产生差异[28]。Volence 等[29]研究发现,植株刈后 4 d 茎基的可溶性糖含量下降 50%,而刈后 24 d 即恢复到原来的水平。山本朗绅等[30]研究表明,植物在刈后蔗糖浓度迅速降低,随后恢复到最初的水平。Cui 等[31]研究发现,小麦刈割后降解的碳水化合物提供能量,生长素含量降低缓解了对细胞分裂素的抑制,促进了小麦幼苗的再生。刈割作为一种农艺措施,可以促进植物生长激素的积累,增加植株分蘖,补偿

损失的生物量,提高植物的抗逆性和再生能力。燕麦、小黑麦、高丹草、大麦等是主要的饲草来源,在其受到机械损伤后如何有效激活植物的防御机制并提高其再生能力,对实现农牧业可持续发展具有重要意义。了解和利用植物激素在一年生饲草逆境响应和再生中的作用,探究影响其再生的因素,并通过科学的管理措施,最大限度地提高饲草的再生能力,可确保草地资源的可持续利用。

2.2 再生过程中植株生理生化的变化

植物损伤后再生的第一步是产生两种伤口信号[32]。短期创伤信号主要由钙离子、活性氧等参与控制再生感受态细胞的生长素行为和命运转变,而长期创伤信号由乙烯、内源性激素等调节创伤部位的细胞环境并维持再生感受态细胞中的生长素水平[33]。伤口释放的多种信号物质可以激活水杨酸和茉莉酸,提高抗氧化酶活性,增强植株的渗透调节能力,提高植株的生存能力[34]。研究表明,黑麦草刈割伤害胁迫 12 d 后,再生叶的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活力增高,脯氨酸含量增加,与对照组相比,过氧化物酶活力和可溶性糖含量较低,这表明,黑麦草在刈割胁迫后受伤部位启动了饲草补偿性生长,残留叶片与其补偿生长速率呈正相关[35]。马银山等[36]试验发现,苏丹草刈割后脯氨酸含量升高,产生更多的分蘖数,刺激光合作用,增强新生组织生长的能力。在逆境条件下,植物激素和过氧化物酶都参与植物的逆境响应,植物激素可以诱导过氧化物酶的表达,而过氧化物酶的活性增加有助于植物抵抗逆境,如低温、干旱、机械损伤等[37]。植物激素(生长素、细胞分裂素、乙烯、水杨酸等)在正常生长条件下了调节各种生长发育过程,而在胁迫条件下即可触动抵御途径,增强或降低特定的胁迫耐受力[38]。Hill K 等[39]也发现,植株损伤后其细胞分裂素可以提高植株的再生能力。植株再生实质上是组织和器官的重建过程,以增强碳同化能力为基础,其过程中也需过氧化物酶、植物激素等的参与[40]。张志芬等[41]分析发现,超氧化物歧化酶(SOD)活性与再生性呈显著正相关,而丙二醛(MDA)含量与再生性呈负相关,刈割前可以通过 SOD 活性和 MDA 含量判断燕麦的再生能力。干友民等[25]也认为,黑麦草刈割后再生所调运的碳氮养分主要来自残茬,这与 Ourry 等[42]的研究结果一致。植物由各种物质组成了复杂的网络系统,在这个系统内植物受伤信号经过一系列的处理,使得植物未受伤的部位也能够对伤口做出反应,进行自身的调节,进而改变植物生长模式。

3 再生影响因素

3.1 遗传因素

遗传因素是决定植株再生的内在基础。不同物种在长期进化过程中形成了各自独特的基因,其再生能力存在显著差异。同种类型植株其不同品种间再生产量存在显著差异,从中筛选出再生能力强的品种,是实现高产量、好品质的途径之一。吴家和等[43]提出,同一作物不同基因型种子的再生能力对其植株再生率和转化率具有显著的制约作用。张晓玲等[44]研究发现,各胚性愈伤组织再生能力相关性状在不同环境条件下表现出极显著差异,环境、基因型以及环境与基因型互作效应的影响较为显著。Yang 等[45]研究发现,植物受到伤害时再生因子 REF1 可以稳定地协调伤口触发的器官再生,REF1 提高了抗逆性作物的再生和转化效率;此外,外施 REF1 可提高小麦、玉米等作物的再生能力和遗传转化效率。李慧等[46]连续两年对 22 个基因型的绿苗进行再生力差异试验,发现绿苗产率高于 7% 的基因型有 3 个,其中河农 6425 的绿苗产率最高,为 33.97%,其次为洛麦 28 和郑麦 136,也获得了较高的绿苗率,分别为 22.28% 和 15.63%。根据小麦不同基因型间愈伤组织诱导和分化的差异,筛选出西农 1376、轮选 987、石 4185 以及 CB037,其愈伤组织诱导以及再生能力较强[47]。小麦在 TaBBM 基因中过表达可促进其胚性细胞的发生,提高小麦幼胚外植体的再生频率和再生芽数目,从而显著提高小麦的再生能力[48]。玉米幼胚基因型对于其再生体系建立有显著影响[49]。基因型影响植株对环境胁迫的响应机制,激活植株的抗逆基因,有利于保障其再生过程的顺利进行。研究表明,高丹草的株高、叶片数、穗柄长、平均茎节长、整株鲜重、茎秆鲜重、穗重、叶片鲜重的遗传率都较高,主基因遗传率分别为 54.05%、53.98%、81.02%、73.92%、65.61%、52.89%、33.46%、75.91% 和 49.99%,可以在早代进行选择,对后代群体进行遗传改良[50]。在作物的生长发育过程中,其产量和品质除了受到环境条件影响之外,品种自身遗传特性也会对其产生一定影响[13]。应深入探讨不同植株基因型对再生的影响,揭示植株再生的遗传奥秘,挖掘更具再生潜力的植株类型。

不同植株类型在再生过程中因其结构与生理特性的差异而表现出不同的生长模式,即使在同一植株类型下不同品种间的再生性能也有极大不同。经试验对比发现,同样具再生能力的品种,晚熟品种较早熟品种产草量高,可实现一季收获两季草栽培模式[41]。张璐等[51]对不同燕麦品种的再生力进行研究发现,供试的 41 个燕麦品种中只有 10 个燕麦品种的综合性状较优,品质好、再生力高且再生产量较大。而后又选用 50 个燕麦品种进行分析发现,刈割后的燕麦具有萌发出再生苗的能力,从中筛选出了 11 个适应性较强的品种,可在地力较差、气候条件不利等环境艰苦地区种植[52]。对中饲 237 和中新 830 两个小黑麦品种进行合理刈割和适量追肥后发现,小黑麦再生草的鲜草总产量高于不刈割处理[53]。同样,岳竞之等[54]对甘农 2 号等 6 个饲用小黑麦品种刈割发现,刈割促进了小黑麦的分蘖和再生,株高和枝条数增加,鲜干草产量提高,鲜干比上升。原保忠等[13]对小麦进行刈割发现,苗期刈割后适当地去除生长冗余部分,减少干扰,生长和产量会出现超越补偿。同样,王丹丹等[55]研究发现,小麦机械伤害后晚熟品种可溶性碳水化合物(WSC)含量较对照增加 2% ~12%,晚熟品种再生至花期 WSC 含量再分配能力更强,同时冬小麦刈割后叶片恢复生长,产生补偿效应。研究通过比较不同熟性小麦品种并进行综合评价得出结论,晚熟小麦品种叶片光合生产及转运能力较高,受刈割干扰的缓冲能力较强,再生生长优势明显。配合当地的自然环境条件,选择适合当地生长条件的品种,对于提高各生育时期产量性状具有至关重要的作用。再生力较强的品种抗逆性较强,能快速分蘖,产生较多的产量。不同品种的优劣性和适应性不是由生产性能或营养成分单独决定的,而是各种性状的综合体现[12]。挖掘再生力强的植株类型和品种可有效提高育种的质量和效率。

3.2　非遗传因素

非遗传因素对植株再生同样不可或缺。环境因素首当其冲,光照是作物进行光合作用的必要条件;适宜的温度影响酶活性的正常发挥;植物细胞的生理活动高度依赖水分,不同作物对水分的需求量存在较大差异;土壤影响作物根系,从而调控地上部生长发育;氮、磷、钾等养分供应充足,为植株再生提供物质基础;此外,合理的栽培技术也可以刺激植株产生更多的再生部位。

3.2.1　环境因素　研究表明,光照、温度、水分、土壤等随着海拔高度的变化而变化,海拔高度每增高 100 m,气温降低 0.5 ~0.6 ℃,光照增加 4% ~5%,紫外光辐射增加 3% ~4%。同一纬度线上,如果海拔高度升高,温度、光照等条件都会发生明显的变化,直接影响作物的生长发育,进而引起营养品质的变化[56]。光周期通过调节不定芽再生过程中的激素水平和光合作用调控或改变细胞命运,进而影响其再生能力[57]。降雨量与玉米株高、穗位高、地上总节数呈正相关,其中与株高呈显著正相关[58]。作物有需水临界期,此阶段作物处于生长旺盛阶段,叶面积大,耗水多[59]。玉米再生植株在干旱胁迫及复水条件下,凭借其发达的根系,调节自身代谢效率以及养分和水分利用率[60]。

3.2.2　种植技术　作物的再生受到环境条件影响,播期、种植方式的调整和优化可以有效提高饲草的再生能力、产量和质量,进而提升畜牧业的饲料供应能力,促进农业的可持续性发展。在高寒地区,播种时间的选择对于幼苗能否在高寒地区安全越冬并保持良好生长状态具有影响[61]。王玉玲等[62]研究发现,在大田低温条件下,10 月 8—10 月 15 日适宜百农 207 小麦品种播种,百农 207 越冬期耐寒性强于周麦 18,周麦 18 应适当晚播。Pacewicz 等[63]通过试验发现,小麦在 10 月 25 日和 11 月 10 日(间隔时间 15 d)以 150 kg/hm^2 的播种量播种时产生较高的分蘖数和株高,获得较高的产量。田文仲等[64]对不同小麦品种的叶面积指数、产量和产量构成因素等进行综合分析发现,播期和播种密度互作时呈显著水平。侯玉龙等[65]通过对裸燕麦的播期和密度组合进行分析发现,二者互作条件下,株高、茎粗、氮素转运量和粗脂肪含量等明显比单因素条件下高。选择适宜的种植方式和密度,可以促进饲草的根系发展和分蘖,增强其再生能力。适宜的播种时间、播种量、种植方式和密度对于提高作物的再生能力、产量和质量至关重要。特别是在高寒地区,正确的播期和种植模式是保证幼苗安全越冬的关键,可以有效提升畜牧业的饲料供应,确保作物在不利环境条件下的生存和生产。

3.2.3　施肥管理　对于喜氮饲草作物而言,及时补充氮素是饲草产量和品质提升的关键农艺措施[66]。燕麦在刈割后会产生明显的补偿作用,在不施肥的条件下重度刈割会影响其生长。陈红等[67]对刈割燕麦进行施肥处理发现,幼苗高度、分蘖数、秆叶的

再生能力都有较大程度的提高。决定小麦分蘖成穗的关键时期是拔节期至开花期,在拔节期补灌发现,适期精播和晚播增密时,小麦分蘖有较强的光合同化能力和较高的碳氮积累,群体数量增加,小麦产量和质量提升,刈割后施氮小麦的干物质向生殖器官的物质分配显著增加,籽粒产量和收获指数明显升高[68]。适当施肥,尤其是在刈割后合理配施,有利于改善饲草的营养物质分配,增加其单位面积产出量[69]。冷地早熟禾在机械刈割后营养需求增加,通过施肥可增加株丛分蘖,产生补偿性生长,获得较多的生物量。施氮和刈割作为退化草地的有效管理和利用方式,在交互作用下对饲草产量和品质产生不同程度的正向反馈[70]。不同地区由于土壤类型、气候条件及作物种类等存在差异,施肥规律也不同,结合当地土壤特性科学施肥可以提高土壤酶活性和养分含量,有助于作物补偿性生长,是提高作物品质和单位面积产出的关键农艺措施。

3.2.4 刈割管理 刈割是一种常见的草地利用和管理方式,主要通过刺激植物的补偿性生长和调整营养物质分配,对饲草的生长周期以及草地的可持续性产生显著影响[71-72]。机械刈割后,禾草主要依靠没有被完全刈割且能继续生长发育的叶片和茎分蘖,禾草再生中刈割后生物量与其刈割后开始再生所需时间呈反比关系[73]。刈割强度过大会干扰植物的物质再分配模式,并削弱植物的补偿性生长和均衡性生长的能力,减少营养物质向地下部分的运移和储存[74]。

刈割期的选择会显著影响饲草的生产性能。徐广祥等[75]表示,刈割时期的选择对饲草大麦的产量表现和营养品质有较大的影响,在抽穗期刈割鲜草和干草产量表现最好。何鹏亮等[76]对饲用小黑麦进行不同时期刈割发现,灌浆期的干草产量最高,营养品质较佳。在豫西北地区,对小黑麦在开花期刈割其综合性状突出,草产量和营养品质较高。徐云祥等[77]在高寒地区对常见的 4 种燕麦草进行刈割后营养价值评价表明,燕麦草在乳熟期刈割干草产量最高,在抽穗期刈割品质最好。而周磊[78]等研究发现,在北方农牧交错区,饲用燕麦在灌浆期刈割可获得优质高产的燕麦饲草。不同作物在特定的生长阶段刈割可以获得最佳生产性能,但同一作物的适宜刈割期在地区间存在差异,合适的刈割时期对饲草作物的产量和品质有显著影响。在关中地区,秋播燕麦在拔节期和抽穗期刈割品质最佳,而春播燕麦于拔节期和开花期刈割表现最佳[79]。冬小麦分蘖中期刈割可维持冬小麦再生生长节律、籽粒产量及品质的稳定形成[80]。甜高粱刈割 7 d 后生长速率显著增加,刈割 21 d 和 35 d 后恢复至刈割前水平[14]。同一类型植物的刈割时期因地区差异,需根据当地的气候条件、品种特性和生产目标进行优化。

刈割高度和次数也需要根据饲草类型、生长条件和收获目的等进行综合考量,以实现最佳的生产效果。饲草的刈割高度取决于饲草作物的再生部位。植株在适宜的刈割高度下经过“源 - 库”关系的调节,不仅有利于地上部再生,还会促进地下部分的生长发育[81]。分蘖节是禾本科作物重要的再生部位,留茬高度显著影响其体内蓄积养分的供给以及萌发部位新生芽点的集数[82]。留茬高度影响冬小麦株高再生长,留茬 3 cm 时地上生物量显著高于留茬 6 cm,留茬 3 cm 光合产物向地上部转移比例增加,地上部可溶性蛋白及地上部抗氧化酶活性表现出补偿效应[83]。苏丹草留茬 4 cm 时分蘖数为 3.8 个/株,而留茬 8 cm 时分蘖数为 5.3 个/株,此时苏丹草生长活动旺盛,再生强度大[84]。小黑麦粗蛋白含量随着留茬高度的增加呈上升趋势,留茬 10 cm 较 7.5 cm 显著升高了 5.49%[85]。青海早熟禾留茬 5 cm 时,生长点没有被破坏,其再生次数增加,产草量高于 8 cm 和 11 cm[86]。Kim 等[87]研究表明,大麦草的刈割高度为 10 ~ 15 cm 时,干物质和中性洗涤纤维的消化率显著提高。华大麦 9 号留茬5 cm时刈割总产量可达 31.28 t/ha[88]。张吉明等[89]分析认为,留茬 15∶5 cm 时的燕麦干草品质明显提高。在留茬高度与禾本科饲草产量方面,通过对具有代表性的试验结果进行总结发现,与不刈割的对照处理相比,适宜的刈割处理可增加地上生物量[90],如燕麦、小黑麦、苏丹草、大麦草等。适度的刈割频率可以促进植株的生长和再生,而过高或过低的刈割频率可能导致再生能力下降或资源分配失衡。赵萌莉等[91]指出,随着刈割次数的增加,植株贮藏的碳水化合物含量会下降。刈割两茬的鲜草产量比刈割一茬的鲜草产量增长了 10.66%,且营养价值和饲用价值也比刈割一茬较高[92]。孙迷平等[93]发现,饲用小黑麦在抽穗期刈割 1 次的鲜干草产量明显大于刈割 2 次和 3 次的产量。同样,陈晓东等[94]提出,大麦、小麦刈割 3 次时的干草产量明显比刈割 1 次时的产量低。刈割次数增加可能对植物根系造成伤害,根系

营养过度消耗,分蘖能力下降,不利于植株再生,其生物总量未得到提升。3 个甜高粱品种同一品种间刈割 2 次产草量比刈割 1 次分别增产 95.09%、113.08%和 56.52%,作为饲草,刈割两次较为适宜。刈割 3 次的苏丹草蛋白质含量和产量均较高,粗蛋白质的产量达 3.24 t/ha,是刈割 2 次和 1 次的 1.04 倍和 1.07 倍,同时,刈割 3 次的鲜干比较高,可以获得较高的营养价值[95]。孙宗玖等[96]也认为,轻度刈割能促进植物氨基酸、脯氨酸和糖类等渗透调节物质的积累,确保植物受损后能够维持自身的生理功能,增强植物对刈割伤害的抵抗能力。大麦、小麦、黑麦、燕麦等一年生禾本科饲草适宜刈割高度在 5 ~ 15 cm,而刈割次数过多会降低其再生速率。赵萌莉等[91]研究表明,多次刈割会降低饲草中的可溶性碳水化合物等贮藏养分的含量,不利于再生。而 Bisht 等[97]的研究显示,通过适当的刈割管理提高了小麦青饲料利用率,且对保障粮食安全有积极影响。Tian 等[98]研究表明,在茎伸长前刈割小麦可以缓解中国西北部春季饲料短缺并且避免粮食产量大幅下降的情况。适宜的刈割高度可以提高饲草作物干物质和鲜草产量,恰当的刈割次数有助于提高饲草的再生速率。

刈割管理是提高草地生产力和实现饲草生产可持续的一种重要手段,适当的刈割管理有助于保留植株组织,激发植物的补偿性生长,优化养分再分配和生物量积累。因此,基于作物的再生能力和生长周期以及当地气候等,制定科学的刈割策略,对于提高饲草生产效率、保障粮食安全和促进草地资源长期可持续发展具有重要意义。

4　总结与展望

从植物的基础结构和生理功能来看,刈割无疑会破坏生理功能的正常运转,但采用刈割手段移除其衰老部分,可激发植物体内的再生潜能。植株再生是一个利用物质和能量来制造有机物质的过程,作物的再生与其体内贮存的碳水化合物含量有密切的关系。凭借一年生禾本科作物的再生性能产生双重的效益在饲草产业发展中具有关键作用。本文结合气候环境分析了一年生禾本科饲草再生的影响因素,得出以下结论:遗传因素和非遗传因素具有区域差异性;植株再生机制是实现稳定生产的关键,植株在逆境胁迫下可通过调整自身的生理机制,激活防御反应,并促进根茎组织修复和再生;植株类型和品种筛选是保证其稳定生产的前提,选择可以在极端条件下保持较高生产力和抗逆性的优良品种,能够为畜牧业提供可靠的饲料来源;科学的播种技术和合理的刈割管理是实现一年生禾本科饲草高效生产的重要措施,适宜的播种时间、密度和种植模式可以最大化地利用有限的生长期,而合理的刈割管理有助于平衡作物的生长和再生,提高整体的生物量和营养价值,也可维持草地生态平衡,减少水土流失;政策制定和实施在推动高寒地区饲草产业发展中发挥着重要作用。目前,关于一年生禾本科饲草的研究主要集中在栽培技术和青贮等方面,对其再生能力的研究相对缺乏,这限制了高寒地区一年生禾本科饲草种植潜力的充分发挥,不利于饲草缺乏和供需不平衡问题的解决。有关一年生禾本科饲草再生性能的研究及其成果应用对于推动当地畜牧业和农业经济的可持续发展具有重要意义。首先,一年生禾本科饲草品种改良和遗传多样性的增加是基础,利用现代生物技术培育出更适应极端环境的新品种、通过基因技术精准定位不同植株类型和品种再生的关键基因,将极大提高作物的生产力和稳定性。其次,深入开展作物再生的生理生态机制研究,揭示作物的逆境适应性,提高其再生效率和遗传转化率。再次,借助大数据、物联网等信息技术与饲草种植深度融合,将实现农业生产的精准化和智能化管理,因此,一年生禾本科饲草在高寒地区的研究和应用是多维度和深层次的。最后,一年生禾本科饲草不仅可用于畜牧业,在生态修复、生物质能源开发等领域也具广阔的应用前景,可结合生态保护项目,利用饲草种植改善土壤结构、防止水土流失;还可探索将饲草转化为生物燃料,拓展产业边界,创造更多经济效益。未来我们将从这些方面入手进行深入研究,为一年生禾本科饲草的再生性问题提供更加全面的理论支持和实践指导,推动当地畜牧业的可持续发展和农业经济的增长。

参考文献:

[1]申忠宝, 潘多锋, 王显国, 等. 黑龙江地区 4 类一年生禾本科饲草的生产性能比较[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012(13): 81 -83 +87.

[2]韩重阳, 冯家平, 冯华昊, 等. 凉山高海拔地区不同饲用燕麦品种生产性能综合评价[J]. 现代农业科技, 2024(19): 88 -92.

[3]王松，朱欣，李龙兴，等. 氮磷肥配施对一年生黑麦草生长性能及产量的影响[J]. 现代畜牧科技，2024(9)：17－20.

[4]陶玉娇，朱倩倩，李晨，等. 播期对谷子生育期及产量和品质的影响[J]. 核农学报，2025，39(6)：1288－1299.

[5]顾颖慧，杨青. 大麦的饲用价值与处理方法及其在饲料生产中应用的研究进展[J]. 饲料研究，2022,45(17)：151－155.

[6]李净雅. 农业农村部《“十四五”全国饲草产业发展规划》解读[J]. 农村实用技术，2024(3)：14－15.

[7]于于哲，成慧，赵苇康，等. 多次刈割对三种饲用小谷物再生性的影响[J]. 草业科学，2024，41(11)：1－13.

[8]王增法. 粮草兼收双高产的饲料作物——御谷[J]. 养殖技术顾问，2001(5)：18.

[9]王永军，王空军，董树亭，等. 留茬高度与刈割时期对墨西哥玉米再生性能的影响[J]. 中国农业科学，2005(8)：1555－1561.

[10]郭智慧，董树亭，王空军，等. 刈割对不同类型玉米再生分蘖及产量和品质的影响[J]. 玉米科学，2008(3)：104－108.

[11]原保忠，赵松岭，孙颉. 苗期刈割伤害对春小麦影响的盆栽实验研究[J]. 应用生态学报，2000(1)：84－87.

[12]原保忠，王静，张荣，等. 春小麦对刈割伤害的补偿作用研究[J]. 生态学报，2000(2)：344－348.

[13]原保忠，王静，张荣，等 . 苗期刈割伤害对春小麦生长及产量的影响[J]. 应用生态学报，2002(4) ：413－416.

[14]张盼，李霄霄，严发能，等. 甜高粱刈割后再生及碳水化合物的分配规律[J]. 草业学报，2024，33(5)：69－79.

[15]伊霞，田亚琼，许家兴，等. 播种密度、施肥种类、施肥量对高丹草产量和品质的影响[J]. 山东畜牧兽医，2024，45(11)：6－8.

[16]YANG J，HOU L，BAI W，*et al*. A Dual－purpose model for spring－sown oats in cold regions of Northern China[J]. Agronomy，2019，9(11)：721.

[17]TALIB M S，MANSOOR H N，ABBAS AL K H H. The effect of mowing dates and different nitrogen levels on yield characteristics of barley (Hordeum vulgare L.)[J]. Plant Archives，2021，21(1)：104－108.

[18]张瑞珍，张新跃，何光武，等. 不同刈割高度对多花黑麦草产量和品质的影响[J]. 草业科学，2008(8)：68－72.

[19]许智宏，张宪省，苏英华，等. 植物细胞全能性和再生[J]. 中国科学：生命科学，2019，49(10)：1282－1300.

[20]李嵩. 粮草兼用型小麦西农 136 冬季苗期刈割后的再生机制研究[D]. 咸阳：西北农林科技大学，2023.

[21]王迪，张晓宇，宋宇鑫，等. 细胞全能性转录因子调控植物组培再生的分子机制研究进展[J]. 生物技术通报，2024，40(6)：23－33.

[22]王玉平. 分蘖期刈割对陇东旱塬冬小麦恢复生长及生理特征的影响[D]. 兰州：兰州大学，2016.

[23]侯钰荣. 伊犁绢蒿生理生态适应性的研究[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2010.

[24]陶龙兴，张雪琴，沈波，等. 水稻与非洲狼尾草体细胞融合再生植株的光合及农艺性状分析[J]. 中国水稻科学，2008(3)：285－289.

[25]干友民，H SCHNYDER，H VIANDEN，等. 多年生黑麦草刈后再生草碳水化合物及氮素的变化[J]. 草业学报，1999(4)：65－70.

[26]景美玲，马玉寿，李鑫，等. 青海草地早熟禾生长和根系特征对刈割强度的响应研究[J]. 黑龙江畜牧兽医，2023(2)：98－103.

[27]李春燕，徐雯，刘立伟，等. 低温条件下拔节期小麦叶片内源激素含量和抗氧化酶活性的变化[J]. 应用生态学报，2015，26(7).

[28]杨惠敏，王振南，吉春荣. 刈割和放牧后牧草碳氮动态研究进展[J]. 中国草地学报，2013，35(4)：102－109＋120.

[29]VOLENCE J J. Nonstructural carbohydrates in stem base component of tall fesucs during regrowth [J]. Crop Science，1986(26)：122－127.

[30]山本朗绅，美浓美辅. 刈割以后鸭茅茎基部的碳水化合物代谢[J]. 内蒙古畜牧兽医，1982(1)：16－18.

[31]CUI G，ZHAO M，TAN H，*et al*. RNA Sequencing Reveals Dynamic Carbohydrate Metabolism and Phytohormone Signaling Accompanying Post－mowing Regeneration of Forage Winter Wheat (Triticum aestivum L.)[J]. Frontiers in Plant Science，2021(12)：664933.

[32]CHEN L，SUN B，XU L，*et al*. Wound signaling：the missing link in plant regeneration[J]. Plant signaling & behavior，2016，11(10)：4273－84.

[33]温绍廷，顾泽玮，喻杰，等. 伤口信号调节植物再生的研究进展[J]. 植物生理学报，2020，56(8)：1719－1728.

[34]曲悦. 机械损伤增强新疆沙冬青耐盐性的研究[D]. 北京：北京林业大学，2022.

[35]郭安琪，周瑞莲，宋玉，等. 刈割后黑麦草生理保护作用对其补偿性生长的影响[J]. 生态学报，2018，38(10)：3495－3503.

[36]马银山，朱勇，李光文，等. 施肥和刈割对苏丹草

补偿生长的影响[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 377 - 382.

[37]田国忠, 李怀方, 裘维蕃. 植物过氧化物酶研究进展[J]. 武汉植物学研究, 2001(4): 332 - 344.

[38]VERMA V, RAVINDRAN P, KUMAR P P. Plant hormone - mediated regulation of stress responses[J]. BMC plant biology, 2016(16): 1 - 10.

[39]HILL K, SCHALLER G E. Enhancing plant regeneration in tissue culture: a molecular approach through manipulation of cytokinin sensitivity[J]. Plant signaling & behavior, 2013, 8(10): 212 - 24.

[40]侯扶江. 放牧对牧草光合作用、呼吸作用和氮、碳吸收与转运的影响[J]. 应用生态学报, 2001(6): 938 - 942.

[41]张志芬, 付晓峰, 刘俊青, 等. 不同燕麦品种再生生长特性研究[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(11): 1495 - 1500.

[42]OURRY A, BOGOT J J, BOUCAUD. Protein mobilization from stubble and roots, and proteolytic activities during post - clipping regrowth of perennial ryegrass[J]. Journal of Plant Physiology, 1989(134):298 - 303.

[43]吴家和, 张献龙, 罗晓丽, 等. 两个陆地棉体细胞胚胎发生新品系的选育[J]. 棉花学报, 2003(4): 254 - 256.

[44]张晓玲, 龙芸, 葛飞, 等. 玉米幼胚胚性愈伤组织再生能力相关性状遗传研究[J]. 遗传, 2017, 39(2): 143 - 155.

[45]YANG W, ZHAI H, WU F, *et al*. Peptide REF1 is a local wound signal promoting plant regeneration[J]. Cell, 2024, 187(12): 3024 - 3038. e14.

[46]李慧, 赵林姝, 古佳玉, 等. 小麦花药培养体系优化及高再生力基因型的筛选[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(3): 738 - 745.

[47]孙晶. 小麦高频再生基因型筛选及基因枪遗传转化体系的优化[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2014.

[48]李晓慧. TaBBM 基因调控小麦植株再生和籽粒大小的机理研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2021.

[49]王奕, 范俊山, 尚丽霞, 等. 玉米幼胚再生体系的建立[J]. 华北农学报, 2015, 30(5): 130 - 134.

[50]卢华雨, 谭燕, 康晨, 等. 高丹草刈割后再生部分农艺性状的遗传分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(19): 6491 - 6501.

[51]张璐, 翟晓宇, 武俊英, 等. 刈割后不同燕麦品种再生产力评价[J]. 北方农业学报, 2022, 50(4): 26 - 34.

[52]张璐, 李登明, 翟晓宇, 等. 燕麦刈割期农艺与品质性状差异及其与再生性能的关系[J]. 作物杂志, 2024(1): 220 - 228.

[53]李焰焰, 张桂芳, 张晓涛, 等. 刈割对皖北地区饲用小黑麦产量及品质的影响[J]. 种子, 2010, 29(4): 75 - 77.

[54]岳竞之, 孙迷平, 牛小沛, 等. 刈割期对豫西北地区小黑麦草产量和营养品质的影响[J]. 饲料研究, 2024, 47(15): 112 - 118.

[55]王丹丹, 田莉华, 沈禹颖, 等. 不同品种冬小麦再生生长对刈割干扰的响应[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(6): 642 - 647.

[56]周海涛. 不同生态环境对裸燕麦籽实营养品质影响的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2014.

[57]HAN J, LI Y, ZHAO Y, *et al*. How does light regulate plant regeneration[J]. Frontiers in Plant Science, 2025(15): 1474431.

[58]孔令杰, 马行军, 卢红, 等. 环境因素对玉米植株性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2014,42(33): 11641 - 11643.

[59]李佳懿. 外界因素对农作物品质的影响研究[J]. 农业科技与装备, 2020(3): 77 - 78.

[60]武佶, 王禹佳, 张欣玥, 等. 玉米毛状根再生植株叶片光合特性对干旱胁迫和复水条件的响应[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(15): 106 - 111.

[61]童永尚, 刘耀峰, 徐长林, 等. 播期对半干旱区 7 个燕麦品种产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2021,38(11): 2221 - 2236.

[62]王玉玲, 李新华, 乔红, 等. 不同播期下小麦品种百农 207 越冬期生理生化特性[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2021, 34(3): 308 - 314.

[63]PACEWICZ K, STANKOWSKI S. The effect of depth and sowing time on germination, yield and yield components of naked and hulled oat[C]//. Proceedings 7th International Oat Conference/Pirjo Peltonen - Sainio and Mari Topi - Hulmi (eds.). MTT, 2004.

[64]田文仲, 温红霞, 高海涛, 等 .不同播期播种密度及其互作对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 45 - 49.

[65]侯玉龙, 于立河, 薛盈文, 等. 不同播期和密度对裸燕麦产量及品质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2020, 32(6): 7 - 12.

[66]王建林, 钟志明, 王忠红, 等. 青藏高原高寒草原生态系统土壤氮磷比的分布特征[J]. 应用生态学报, 2013, 24(12): 3399 - 3406.

[67]陈红, 王海洋, 杜国桢. 刈割时间刈割强度与施肥处理对燕麦补偿的影响[J]. 西北植物学报, 2003(6): 969 - 975.

[68]尚云秋. 拔节期补灌对播期和密度组合冬小麦分

蘖成穗和小花发育的影响[D]. 泰安:山东农业大学, 2024.

[69]王朋. 施氮与刈割对燕麦生产性能的影响[D]. 西宁:青海大学, 2013.

[70]马银山, 杜国祯, 张世挺. 施肥和刈割对冷地早熟禾补偿生长的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(2): 279 - 287.

[71]赵京东, 宋彦涛, 徐鑫磊, 等. 施氮和刈割对辽西北退化草地牧草产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2021, 30(8): 36 - 48.

[72]高小丽, 杨文才. 刈割期对燕麦 + 箭筈豌豆/豌豆混播饲草产量及品质的影响[J]. 西藏农业科技, 2023, 45(4): 47 - 53.

[73]夏景新, 樊奋成, 王培. 刈牧对禾草草地的再生和生产力影响的研究进展[J]. 草地学报, 1994(1): 45 - 55.

[74]NZUNDA E F, GRIFFITHS M E, LAWES M J. Sprouting by remobilization of above - ground resources ensures persistence after disturbance of coastal dune forest trees[J]. Functional Ecology, 2008, 22(4): 577 - 582.

[75]徐广祥, 刘琳, 刘志萍, 等. 河套地区不同刈割期对春播饲草大麦产量及品质的影响[J]. 中国奶牛, 2021(4): 57 - 60.

[76]何鹏亮, 汪娅梅, 揭红东, 等. 不同刈割期对饲用小黑麦草产量和营养品质的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(11): 2609 - 2614.

[77]徐云祥, 刘毅, 拜彬强, 等. 高寒草地不同刈割期栽培燕麦草的营养价值评定[J]. 饲料研究, 2023, 46(22): 99 - 105.

[78]周磊, 王璐, 赵宝平, 等. 北方农牧交错区不同播期和刈割期对燕麦饲草产量和品质的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(10): 2355 - 2363.

[79]张莹. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2016.

[80]田莉华, 张清平, 蒋海亮, 等. 刈割对冬小麦再生积温需求及其籽粒产量和品质的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(7): 1426 - 1432.

[81]李变变, 张凤华, 赵亚光. 刈割高度对油莎豆氮代谢及产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2023, 32(2): 84 - 96.

[82]包兴国, 吕福海, 桑同山, 等. 绿肥与粮、油作物间套混种的共生习性及再生机制的研究[J]. 生态学杂志, 1994(5): 26 - 30 + 79.

[83]王茜, 杨丽群, 雷家运, 等. 刈割高度对冬小麦再生及生物量分配的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(10): 2109 - 2116.

[84]沈艳, 杨鹏, 覃强. 不同刈割处理对苏丹草生产性能的影响[J]. 草原与草坪, 2009(2): 25 - 28.

[85]王丽学, 霍文娟, 冯婧, 等. 天津地区饲用小黑麦最佳刈割时期和留茬高度研究[J]. 华北农学报, 2017, 32(3): 132 - 136.

[86]包兴国,吕福海,桑同山,等.绿肥与粮、油作物间套混种的共生习性及再生机制的研究[J]. 生态学杂志,1994(5): 26 - 30 + 79.

[87]KIM D H, AMANULLAH S M, LEE H J, *et al*. Effects of different cutting height on nutritional quality of whole crop barley silage and feed value on Hanwoo Heifers[J]. Asian-Australasian journal of animal sciences, 2016, 29(9): 1265.

[88]邢虎成, 谭松林, 张英, 等. 刈割时期和留茬高度对大麦鲜草产量及饲用品质的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(31): 1 - 4.

[89]张吉明, 张彩霞, 郝智强, 等. 不同生长期和留茬高度对饲用燕麦干草品质的影响[J]. 饲料研究, 2022, 45(3): 114 - 118.

[90]陈茜午, 温蕊, 张永虎 . 刈割期、行距交互作用下对谷草生长及饲用品质的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(9): 107 - 110.

[91]赵萌莉, 许志信, 马春梅, 等. 年内多次刈割对牧草贮藏养分的影响[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1999(1): 18 - 21.

[92]唐桃霞, 王致和, 张亚萍, 等. 刈割频率对饲用甜高粱产量和饲用价值的影响[J]. 中国糖料, 2018, 40(1): 35 - 37 + 39.

[93]孙迷平, 肖兴中, 岳竞之, 等. 饲用小黑麦在济源地区的刈割期及刈割次数研究[J]. 中国种业, 2021(2): 63 - 66.

[94]陈晓东, 赵斌, 季昌好, 等. 大麦小麦饲草产量与品质差异及适宜刈割次数研究[J]. 作物杂志, 2017(3): 81 - 84.

[95]陈平, 王斐, 贺春贵, 等. 刈割次数对甘肃中部饲用高粱生产性能的影响[J]. 中国草食动物科学, 2021, 41(5): 67 - 71.

[96]孙宗玖, 李培英, 安沙舟. 伊犁绢蒿种群对不同刈割干扰的生理响应[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(11): 2102 - 2108.

[97]BISHT J, KANT L, SRIVASTVA A. Cutting management of dual purpose wheat cultivars: A new approach for increasing fodder availability[J]. Cereal Research Communications, 2008, 36(1): 177 - 187.

[98]TIAN L H, BELL L W, SHEN Y Y, *et al*. Dual - purpose use of winter wheat in western China: cutting time and nitrogen application effects on phenology, forage production, and grain yield[J]. Crop and Pasture Science, 2012, 63(6): 520 - 528.



互助县海东鸡种质资源现状及保种利用思考

何得仓
(互助县畜牧兽医站,青海 互助 810599)

摘　要:本文介绍了互助县海东鸡的分布、产地、生态环境、品种特性及资源保种与选育现状,并就今后海东鸡的保种和开发利用等情况提出了建议。

关键词:海东鸡;特性;遗传;保种
中图分类号:S831　　**文献标识码**:C　　**文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0058 - 03

海东鸡是青海省东北部县域内的地方品种,其在独特的自然和饲养条件下经长期自然选择和饲养驯化形成,对高原高寒、缺氧等气候具有良好的适应性,是青海省传统的优良养殖品种之一[1],具有食量小、耐粗饲、适应性强、抗病力强的特点,肉质鲜美,脂肪含量低,风味独特,是我国珍贵的家禽地方品种资源。

1　主要产区及自然状况

海东鸡主要分布在青海省海东市互助土族自治县(以下简称"互助县")东北部的巴扎、加定、松多等边远偏僻脑山乡(镇),台子、西山、东和等乡(镇)有零星饲养,现饲养量最多的松多乡已成为互助县海东鸡主产区。主产区海拔2 200 ~ 3 636 m,年平均气温 5.8 ℃,年降雨量平均为 502 mm 左右,属大陆寒温带气候。主产区以高山及山间盆地、浅山丘陵区为主,地势自西向东倾斜。主要农作物有小麦、青稞、油菜、豌豆、马铃薯等。

2　品种特性

2.1　外貌特征

海东鸡体格较小,结构匀称,发育良好。头小而狭长,多为平头,少数见凤头。冠小,冠峰 5 ~ 7 个冠齿,50% 以上为单冠,20% 为豆冠(单捻冠)[2],有少部分玫瑰冠、葡萄冠、双冠和草莓冠,冠色鲜红色,也见暗红色。髯为鲜红色,耳叶多为白色和粉红色;虹彩色多为黄色,也有少数褐色、黑色、灰白色;肉色为红色,胫色主要为黑色,少数为黄色。喙短而坚实,喙色以黑色和褐色为主,喙的形状为代钩状,便于觅食。体躯浅而较长,背平直,胸部略突出,胸肌较发达,翅紧扣,羽色较杂,母鸡有黑、白、黄麻、青麻、芦花、纯灰色等,以黑、白、麻较多;公鸡有黑、白、红黑骝、芦花等。公鸡尾羽特别发达,腿细而短,少数鸡有胫羽。乌骨鸡占 10% ~ 14%,体型与其它鸡相似,头和冠髯更小,其冠、髯、脸、腿、皮肤、骨膜、舌下根部都呈乌黑色[3]。海东鸡性情活泼,喜刨食,善飞翔,夜间多栖息在树杈或栖架上,易受惊吓。海东鸡适于草滩、田埂、林下、山坡放养,耐粗放管理。

2.2　生产与产肉性能

海东鸡的饲养主要采用半舍饲半放养方式,饲料单一,导致营养缺乏及不平衡,生长发育较慢。经测定,互助县雪岭海东鸡良种繁育场(互助县松多乡马营村五社)雏鸡体重为 34.64 g,60 日龄平均体重为 218 g,成年公鸡平均体重为 1.82 kg,体斜长 18.5 cm,母鸡平均体重为 1.45 kg,体斜长 17.5 cm。成年公鸡平均半净膛率为 73.68%,母鸡为 75.81%;成年公鸡平均全净膛率为 61.36%,母鸡为 65.37%。

2.3　产蛋与繁殖性能

母鸡平均开产日龄为 270 d,平均年产蛋 80 枚,饲养条件好、饲料水平高的地区养殖场(户),年平均产蛋量达 100 ~ 120 枚,个别高者达 160 枚,平均

收稿日期:2025 - 02 - 15
基金项目:青海省"昆仑英才·乡村振兴农业技术推广人才"培养项目
作者简介:何得仓(1979 -),大学本科,畜牧师,主要从事畜牧兽医技术推广工作。E - mail: 1307259201@qq.com

蛋重51.8 g,蛋壳以白色为主,占72.2%,粉白、褐色次之,占27.8%。一般产蛋15 ~ 20个即出现就巢现象,醒巢后需20 d再次产蛋。母鸡一次孵化10 ~ 12枚蛋,种蛋受精率为83%,孵化率为86.9%。

公鸡性成熟期为180 ~ 240 d,平均种蛋受精率为83%,平均受精蛋孵化率为86%,公、母鸡利用年限为1 ~ 2年。由于未经产蛋性能选育,养殖所在区域自然条件差别大,饲养水平不一致,海东鸡的产蛋量低、个体差异大。

3 资源保种与选育现状

3.1 资源保种

海东鸡是青海省优质土鸡品种,养殖历史悠久,具有极高的保护价值[4]。据1981年孙蕴碧等[5]进行资源调查统计时的估算,当年在海东地区存栏海东鸡50多万羽,占全海东地区鸡存栏数的40%。自20世纪90年代以来,随着市场经济的发展,高产品种鸡被引进和推广,原来养殖生产性能低的海东鸡逐渐被淘汰,养殖数量急剧下降,2021年普查发现,互助县海东鸡存栏4 118羽,占海东市海东鸡总存栏的47.83%。

随着国家对畜禽遗传资源保护相关政策的出台,海东鸡保种工作引起了政府和行业部门的高度重视。2013年,由青海省畜牧总站、海东地区农牧局和互助县畜牧兽医工作站联合起草,申报取得了海东鸡地方品种标准(DB63/T 1246—2013),由互助县畜牧兽医工作站、海东地区畜牧兽医工作站共同制定了《海东鸡饲养技术规范》地方标准(DB63/T 1219—2013)。保种工作以保种场和养殖户活体保种为主,截至目前,已建立省级保种场2个,其中,位于互助县松多乡马营村五社的互助县雪岭海东鸡良种繁育场,占地1.33 hm^2,现存栏海东鸡2 000只;位于互助县哈拉直沟乡孙家村的青海翔美海东鸡保种场,占地面积20 hm^2,现存栏海东鸡种1 200只。保种场设施设备配套齐全,满足保种需求,组建核心群2 000羽,年推广海东鸡10 000羽。

3.2 科学选育

采用现代家禽育种技术,对海东鸡进行本品种生产性能、外貌特征等的测定,建立较为理想的基础群,在选育条件上注意基因型与环境型的互作。

3.2.1 组建核心群,开展纯系选育 科研院校联合保种单位培育白羽、黄麻、青麻、黑羽、红骝、黑骝六个纯系,每个纯系组建10个家系,公母组成比例为1∶5,每个家系预备一定数量的后备公、母鸡,用于核心群的死淘补充。公鸡留种率为1%,母鸡留种率为30%。

3.2.2 严格选育条件 种蛋蛋重应在42 g以上,蛋形呈卵圆形,蛋形指数1.25 ~ 1.35,蛋壳无裂缝、厚薄均匀、光滑、硬度适中、表面清洁。种雏鸡须来自健康高产鸡群,公、母来自不同亲本,且毛色一致,身体健康。60日龄鸡的外貌应符合本品种特征,活泼健壮,体重达标。120日龄公鸡、100日龄母鸡的复选留作种用条件是,外貌符合本品种特征,体重达到要求,身体健康。成年鸡按国家制订的《种禽档案记录》中规定的方法测定,体尺体重及产蛋性能达到Ⅰ级、Ⅱ级标准的选留组建核心群。

3.2.3 非遗传性方面的必要措施 如疾病净化、消毒防疫、环境控制、营养与饲料等,为促进海东鸡的生长发育、提高其生产性能提供最佳的营养和环境条件,以提高选择的准确性。

4 保种和开发利用思考

保种就是要保存现有畜禽品种资源的基因库,使每一种与特定生态环境相联系的基因和基因组合都不丢失。当前海东鸡的保种工作仍存在着许多问题,主要表现在对保种理论缺乏系统研究,没有一套完整的保种方案;对海东鸡种的研究局限于形态学和解剖学方面,缺乏生理生化特性、细胞及分子遗传学等方面的分析研究。因此,需要总结国内外遗传资源保存与管理的经验,同时结合本地实际,采用适合海东鸡的保种手段与技术。当前的保种方法主要采用两种方式,即原地保存和异地保存。原地保存即为原产地保种,异地保存主要有异地活体保护、冷冻精液、胚胎保护及生物技术保种等。

4.1 产区活体保种

原产地活体保种是当前海东鸡保种的主要方式之一,也是最为有效的保种方法。在互助县下辖的松多乡和哈拉直沟乡由政府扶持建立了2家省级保种场,制定了相应的资源保护政策方案和技术标准,每年组建一定规模的保种核心群和选育群,保种核心群主要按品种标准进行繁育种鸡,选育群则主要扩大数量,继续进行选育提纯种鸡,并开展部分杂交利用。原产地活体保种具有品种来源广, (下转第67页)

贵南黑藏羊体内外寄生虫病高效低残留防治技术验证

王小红[1],李春花[2*],雷萌桐[2],蔡进忠[2],韩　元[2],马豆豆[2],李　昕[1],
旦正才旦[3],孙　建[2],陈光英[1],芦晓莉[1]
(1. 贵南县畜牧兽医站,青海 贵南 814200;2. 青海大学畜牧兽医科学院,青海 西宁 810016;
3. 贵南县黑藏羊繁育中心,青海 贵南 814200)

摘　要:为验证放牧家畜寄生虫病高效低残留防治技术对放牧黑藏羊线虫病及外寄生虫病的防治效果,选择 1.5 岁自然感染消化道线虫和部分外寄生虫的绵羊 80 只,选用埃谱利诺菌素注射剂分别设 0.1 mg/kg、0.2 mg/kg 和 0.3 mg/kg 体重剂量组和不防治的对照组,进行防治效果评价。结果表明,埃谱利诺菌素注射剂注射 0.2 mg/kg 和0.3 mg/kg 剂量对消化道线虫虫卵转阴率和减少率均达 100.0%;0.1 mg/kg 剂量对消化道线虫虫卵转阴率和减少率分别为90.0 % 和92.6 %。同期检查未防治对照组绵羊虫卵 EPG 略有增加。0.2 mg/kg 剂量试验组给药后第3 d 绵羊颚虱、足颚虱死亡干瘪,羊蜱蝇大部分死亡,部分活力差;第 7 d 检查发现绵羊颚虱、足颚虱、羊蜱蝇全部死亡干瘪,杀灭率均达100.0%;第3 d 和第7 d 检查0.1 mg/kg 剂量的杀灭效果次于上述剂量,而未防治的对照组绵羊上述外寄生虫活力旺盛,感染情况与给药前无明显变化。综上,该防治技术对放牧绵羊主要寄生虫病影响显著,且高效安全。

关键词:埃普利诺菌素;黑藏羊;寄生虫病;埃谱利诺菌素
中图分类号:S855.9　　**文献标识码**:C　　**文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0060 - 03

养羊业是青海省高寒草地畜牧业中的重要支柱产业,贵南黑藏羊是青海藏系羊中分化出来的地方优良品种之一,是当地牧民群众赖以生存的生产、生活资料,是青藏高原的一个特殊经济畜种,被誉为贵南草原上的“黑珍珠”。2015 年成功注册“地理标志证明商标”,2016 年登记为“地理标志农产品”,2017 年获批“地理标志保护产品”。黑藏羊饲养方式以放牧为主,易受寄生虫的侵袭。调查显示,在高原地区,寄生虫病作为放牧绵羊的常见多发病,病原种类多,分布地域广,感染率高,感染强度大,混合感染较为普遍且危害严重。线虫病和蜘蛛昆虫病是放牧绵羊的主要寄生虫病,在北方牧区流行广,且多为混合感染,给防治带来困难,对草原养羊业危害极大[1]。迄今,应用有效药物进行定期驱虫仍是防治家畜寄生虫病最有效的手段。常用的抗寄生虫药物用于高原牧区放牧条件下的牛羊临床防治,取得了肯定的疗效,但也存在药物残留和休药期的问题。因此,开展防治新技术的示范应用,是有效控制放牧绵羊寄生虫病流行的有效途径之一。近年来,随着人们对畜产品质量的重视,对防治技术的有效性、安全性及低残留等提出了更高要求。本文在参考相关研究资料[2-12] 和试验研究的基础上[3-15],建立了放牧家畜寄生虫病高效低残留防治新技术,并在贵南县黑藏羊寄生虫病防治中进行了验证,现报告如下。

1　材料和方法

1.1　示范地区概况

贵南县隶属青海省海南藏族自治州,位于青海省东北部,地处西倾山与黄河之间,地理坐标为东经 100°13′ ~ 101°33′,北纬 35°09′ ~ 36°08′,东与黄南藏族自治州泽库县为邻,南与同德县、西与兴海县和共和县、北与贵德县接壤,县人民政府驻地距省会西宁市 254 km,海南州政府恰卜恰镇 148 km,区域总面积6 649.7 km^2,约占全州总面积的 14.45%。贵南县属高原大陆性气候,冬长夏短。冬无严寒,夏无酷暑,适宜发展草原畜牧业。年均气温 2.3 ℃、年极端最高气温 31.8 ℃,年极端最低气温 - 29.2 ℃,年平均降水量 403.8 mm。截至 2023 年底,全县共存栏牲

收稿日期:2024 - 12 - 19
基金项目:2023 年第二批省级科技专项(海南州科技创新督查激励) 建设项目
作者简介:王小红(1976 -),高级兽医师,主要从事动物疫病检测和防控工作。E - mail: 346982915@qq.com
通信作者:李春花(1972 -),副研究员,主要从事动物寄生虫病流行病学与防控研究。E - mail: lchxn@163.com

畜 123.56 万头(只,匹),其中羊 98.32 万余只、牛 25.34 万余头,是青海省重要的黑藏羊基地。

1.2 示范药物

1% 埃普利诺菌素(EPR)注射剂,商品名:爱普利,河北威远药业有限公司生产,批号:20230923。每 1 mL 含埃普利诺菌素 10 mg,每瓶 50 mL 皮下注射。

1.3 试验动物

贵南县森多镇嘉仓生态畜牧业合作社放牧饲养的黑藏羊。

1.4 分组与给药

2023 年 4 月,试验前 6 个月未使用任何驱虫药驱虫的一群放牧黑藏羊中,经粪便检查,挑选出 80 只感染消化道线虫、部分感染绵羊颚虱、足颚虱、羊蜱蝇的绵羊供驱虫效果评价。

将 80 只黑藏羊随机分为如下 4 组,每组 20 只。药物试验各组羊逐只称重、登记、按设计剂量给药,给药后第 7 d 逐只采集新鲜粪便,进行粪便虫卵 EPG 检查。

1 组:EPR 注射剂低剂量组,剂量为0.1 mg/kg b.w 颈部皮下注射给药;2 组:EPR 注射剂中剂量组,剂量为 0.2 mg/kg b.w 颈部皮下注射给药;3 组:EPR 注射剂高剂量组,剂量为 0.3 mg/kg b.w 颈部皮下注射给药;4 组:阳性对照组,不给药。

1.5 效果检查

1.5.1 线虫检查给药前粪检:给药前 1 d 各组试验羊打号、逐只采集新鲜粪便,带回实验室,每份称取 1 g 用饱和盐水漂浮法检查消化道线虫每克粪便虫卵数(EPG),镜检计数。

给药后粪检:给药后第 7 d 逐只采集新鲜粪便,进行粪便虫卵 EPG 检查,统计线虫 EPG。

1.5.2 外寄生虫检查 给药前1 d 和给药后第3 d 和第7 d 观察记数颈侧下 1/3,肩胛部 2 个部位绵羊颚虱、羊蜱蝇感染及死亡情况;并检查给药前后绵羊蹄部的足颚虱存活情况。

1.6 安全性观察

给药后观察示范羊的饮食欲、精神、排粪等变化情况。

1.7 效果判定

按下列公式计算:

虫卵转阴率 = 虫卵转阴动物数/试验动物数 × 100%

虫卵减少率 = 驱虫前 EPG – 驱虫后 EPG/驱虫前 EPG × 100%

2 结果

2.1 寄生虫感染情况

从本次供试黑藏羊检出的主要消化道线虫有奥斯特线虫(*Ostertagia*)、马歇尔线虫(*Marshallagia*)、毛圆线虫(*Trichostrongylus*)、细颈线虫(*Nematodirus*)、仰口线虫(*Bunostomum*)、毛首线虫(*Trichuris*)等;体外寄生虫检到绵羊颚虱(*L. ovillus*)、足颚虱(*L. pedalis*)、羊蜱蝇(*Melophagas ovinus*)等。

2.2 驱虫效果

各组黑藏羊线虫驱虫效果统计结果见表 1。从表中可知,埃普利诺菌素注射剂 0.2 mg/kg 和0.3 mg/kg 剂量对绵羊主要消化道线虫虫卵转阴率和减少率均达 100.0%;埃普利诺菌素注射剂 0.1 mg/kg 剂量试验组的虫卵转阴率为 90.0%,减少率为 92.6%,低于上述 2 组,而未防治的阳性对照组绵羊线虫 EPG 略有上升。

表 1 各试验组绵羊粪检驱除消化道线虫效果统计结果

组别	检查羊数/只	转阴羊数/只	转阴率/只	给药前 EPG/个	给药后 EPG/个	减少率/%
1	20	18	90.0	248.3	18.5	92.6
2	20	20	100.0	256.8	0	100.0
3	20	20	100.0	260.1	0	100.0
4	20	0	–	251.9	256.4	–

2.3 对外寄生虫的杀虫效果

EPR 注射剂 0.2 mg/kg、0.3 mg/kg 剂量试验组给药后第3 d 和第7 d 检查,第3 d 绵羊颚虱、足颚虱大部分死亡干瘪,羊蜱蝇大部分死亡,部分活力很差;第 7 d 检查对足颚虱、绵羊颚虱、羊蜱蝇的杀灭率均达100%,全部死亡干瘪;0.1 mg/kg 剂量,第3 d 和

第 7 d 检查杀灭效果次于上述剂量。而对照组上述 3 种外寄生虫活力正常,感染情况略高于给药前。

2.4　使用的安全性

对黑藏羊给予 EPR 注射剂 0.2 mg/kg 和 0.3 mg/kg 体重剂量皮下注射后,其精神状态、饮食欲、排粪未见异常反应。

3　讨论

3.1　药效试验结果证明,EPR 注射剂 0.3 mg/kg 或 0.2 mg/kg 颈部皮下一次注射给药,对黑藏羊消化道线虫有高效驱除作用,对绵羊颚虱、足颚虱有高效杀灭作用,对羊蜱蝇具有良好杀灭作用,与已有报道基本一致[4-5,13]。此结果表明应用 EPR 注射剂按 0.2 mg/kg 剂量临床驱除黑藏羊寄生虫时达到高效、安全的效果。

3.2　黑藏羊给予 EPR 注射剂 0.2 mg/kg、0.3 mg/kg 中、高剂量,全部试验羊均未出现不良反应,表明 EPR 注射剂对黑藏羊使用安全。已有的研究证明 EPR 注射剂按 0.3 mg/kg,0.2 mg/kg 体重剂量给药时在肉、乳方面达低残留标准[6-10]。

3.3　本次试验证明了 EPR 注射剂驱除黑藏羊寄生虫时高效安全,给药简便,确保了给药量准确和驱虫效果,适用于草原牧区放牧黑藏羊群体投药驱虫,而且本品具有低残留特点,适用于放牧家畜绿色养殖乃至有机养殖中的寄生虫病防治,具有一定的推广意义。

参考文献:

[1] 青海省畜牧厅. 青海省畜禽疫病志[M]. 兰州: 甘肃人民出版社,1993.

[2]PITT S R, LANGHOLFF W K, EAGLESON J S. The efficacy of eprinomectin against induced infections of immature(fourthlarvalstage) and adult nematode parasites in cattle[J]. Veterinary Parasitol, 1997, 73(1 - 2): 119 - 128.

[3]CHARTIER C, ETTER E, PORS I. Activity of eprinomectin in goats against experimental infections with *Haemontus* contortus,Teladorsagia circumcincta and Trichostrongylus colubriformis[J]. Veterinary Record, 1999, 144(4): 99 - 100.

[4]CRINGOLI G, RINALDI L, VENEZIANO V, *et al*. Effectiveness of eprinomectin pour - on against gastrointestinal nematodes of naturally infected goats[J]. Small Ruminant Research, 2004, 55(1 - 3): 209 - 213

[5]CRINGOLI G, RINALDI L, VENEZIANO V, *et al*. Efficacy of eprinomectin pour - on against gastrointestinal nematode infections in sheep[J]. Veterinary Parasitology, 2003, 112(3): 203 - 209.

[6]ALVINERIE M, SUTRA J F, GALTIER P, *et al*. Pharmacokinetics of eprinomectin in plasma and milk following topical administration to lactating dairy cattle[J]. Research in Veterinary Science, 1999, 67(3): 229 - 232.

[7]BENGONE D T, BA M A, KANE Y A, *et al*. Eprinomectin in dairy zebu Gobra cattle (Bos indicus): plasma kinetics and excretion in milk[J]. Parasitology Research, 2006, 98(6): 501 - 506.

[8]DUPUY J, SUTRA J, ALVINERIE M, *et al*. Plasma and milk kinetic of eprinomectin and moxidectin in lactating water buffaloes (Bubalus bubalis)[J]. Veterinary Parasitology, 2008, 157(3 - 4): 284 - 290.

[9]ANASTASIO A, VENEZIANO V, CAPURRO E, *et al*. Fate of eprinomectin in goat milk and cheeses with different ripening times following pour - on administration[J]. Journal of Food Protection, 2005, 68(5): 1097 - 1101.

[10]SUTRA J F, CHARTIER C, GALTIER P, *et al*. Determination of eprinomectin in plasma by high - performance liquid chromatography with automated solid phase extraction and fluorescence detection[J]. Analyst, 1998(123): 1525 - 1527.

[11]JIANG H Y, HOU X L, DING S Y, *et al*. Residue Depletion of Eprinomectin in Bovine Tissues after Subcutaneous Administration[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53 (23): 9288 - 9292.

[12] 潘保良, 汪明, 王玉万, 等. 埃普利诺菌素注射剂对肉牛血虱的驱杀试验[J]. 动物医学进展, 2003, 24(5): 119 - 120.

[13] 蔡进忠, 李春花, 马金云, 等. 埃谱利诺菌素注射剂对藏羊线虫与寄生期幼虫的驱虫效果[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(2): 87 - 91.

[14] 蔡进忠, 李春花, 雷萌桐, 等. 埃谱利诺菌素浇泼剂对牦牛消化道线虫驱虫效力的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2020, 50(5): 44 - 49.

[15] 蔡进忠, 李春花, 雷萌桐, 等. 牦牛寄生虫病流行病学与防控技术[M]. 中国农业科学出版社, 2023(7), 01.

高寒牧区羊腐蹄病防治方法对比试验探讨

张景烜,文亚洲,赵浴君*
(甘肃省绵羊繁育技术推广站,甘肃 张掖 734031)

摘　要:本文对羊腐蹄病的发病原因、发病机理及临床症状进行了调查分析,提出了预防与治疗方案,并通过对比试验,从中筛选出行之有效的预防和治疗措施供推广应用。

关键词:高寒牧区;羊腐蹄病;发病机理;症状;试验
中图分类号:S858.26　　**文献标识码**:C　　**文章编号**:1003-7950(2025)04-0063-02

近年来,羊腐蹄病在高寒牧区各大养殖场(户)频繁发生,是侵扰养羊业的主要疫病之一。该病是由坏死杆菌引起的,以羊蹄部组织发生炎症甚至坏死为特征[1],传播速度较快。笔者在广泛调查研究的基础上,结合多年对羊腐蹄病的防治经验,通过对比试验研究,总结了以下预防与治疗此病的措施,供同行参考。

1　病因

1.1　发病原因

羊群一般每年6—9月发病,病菌暴露在空气中的时间不超过30 d,可在土壤中长期生存,但不能繁殖。由于牧场多雨,土壤湿度大[2],羊只蹄壳软化,细菌得以侵入,结节梭形杆菌可在感染羊的蹄壳上存活多年[3]。若治疗不及时或治疗不当,容易引起其它继发性细菌的侵袭,导致更严重的后果。

1.2　临床症状

初期病羊轻度跛行,趾间皮肤充血、发炎并出现轻微肿胀,触诊病蹄敏感。病蹄有恶臭分泌物和坏死组织,蹄底部有小孔或大洞。用刀削切扩创有污黑臭水迅速流出。趾间也有溃疡面,覆盖着恶臭物,蹄壳腐烂变形。病情严重的羊卧地不起,体温上升,甚至蹄匣脱落,还可能发生全身性败血症[4],最终预后不良。

2　防治方法

2.1　治疗药品

盐酸多西环素注射液(福建省建阳佳星动物药业有限公司);磺胺嘧啶钠注射液(上海同仁药业有限公司);20% 长效土霉素注射液(甘肃盛达动物药业有限公司)。

2.2　分组

选用盐酸多西环素、磺胺嘧啶钠、长效土霉素和中药龙骨散,分4组进行药物防治。防治前对圈舍进行消毒处理。第1组和第4组羊群全部用10%硫酸铜进行预防性浴蹄,浸泡5 ~ 10 min,早晚各一次,连续2 d,隔2 d再重复浴蹄2 d;若发现病羊只,则分别用盐酸多西环素注射液治疗和中药龙骨散(龙骨30 g,枯矾30 g,乳香24 g和乌贼骨15 g分别研为细末撒用)进行治疗[5]。第2组在1—5月科学补饲"多维钙磷锌硒72项全能"饲料添加剂(哈尔滨瑞牧生物科技有限公司生产)。第3组全年补饲"多维钙磷锌硒72项全能"饲料添加剂。5月底后对羊群的防治措施与前面一样,用6% 福尔马林进行预防性浴蹄。发病羊只分别用磺胺嘧啶钠注射液和20% 长效土霉素注射液进行治疗,并记录治疗防治效果。

2.3　试验结果

4个试验羊群的所有羊只按相应的剂量和时间进行预防性浴蹄,对照组羊群的所有羊只正常饲养管理,6月后进行检查。试验发现,对照组羊群中羊腐蹄病的发病情况最为严重;试验组3的羊只发病情况次之;试验组1和试验组2的羊群发病情况相近;预防效果最好的为试验组4(见表1)。

收稿日期:2024-12-12
基金项目:国家绒毛用羊产业技术体系资助(CARS-40-33)
作者简介:张景烜(1987-),畜牧师,主要从事羊的繁育和技术推广工作。E-mail:1392934176@qq.com
通信作者:赵浴君(1973-),兽医师,主要从事羊的繁育和疫病防治工作。E-mail:565391474@qq.com

表 1　　预防后羊腐蹄病的发病率

组别	养殖数量／只	发病羊数／只	发病率／%
试验组 1(第 1 组药物)	466	56	12.02
试验组 2(第 2 组药物)	458	58	12.66
试验组 3(第 3 组药物)	452	70	15.49
试验组 4(第 4 组药物)	472	10	2.12
对照组	469	141	30.06

2.4　治疗试验分析

对预防试验中的 4 个试验羊群的发病羊只,用相应试验组的药物进行治疗,2 次／天,连用 3 d。试验组 1:10% 盐酸多西环素注射液 10 mL;试验组 2:20% 磺胺嘧啶钠注射液 25 mL;试验组 3:20% 长效土霉素注射液 10 mL;试验组 4:将中药(龙骨散)研为细末撒用。观察其疗效发现,试验组 4 发病羊只的治疗效果最差;试验组 2 羊群发病羊只的治疗效果稍好一些;试验组 1 羊群发病羊只的治疗效果高于试验组 2;试验组 3 羊群发病羊只的治疗效果最好(见表 2)。从试验结果可以看出,第 4 组药物“中药制剂 ”对羊腐蹄病的治疗效果最差(30%);第 1 组药物“盐酸多西环素注射液”注射液的治疗效果较好(89.29%);第 2 组药物“磺胺嘧啶钠注射液”在此次试验中的治疗效果较好(82.76%);使用第 3 组药物“长效土霉素注射液”治疗羊腐蹄病的效果最佳(94.29%)。

表 2　　试验效果分析

组别	发病羊只数／只	治愈数／只	治愈率／%
试验组 1(第 1 组药物)	56	50	89.29
试验组 2(第 2 组药物)	58	48	82.76
试验组 3(第 3 组药物)	70	66	94.29
试验组 4(第 4 组药物)	10	3	30.00

3　讨论

3.1　在羊腐蹄病的预防试验中,除重视环境消毒以外,也应连续进行预防性浴蹄,但在生产中药物要轮换使用,需科学饲养管理与药物预防相结合,才能取得满意的预防效果。日粮补饲营养全面,长期对羊群科学补饲“多维钙磷锌硒 72 项全能”饲料添加剂,可使发病率降低。

3.2　在羊腐蹄病的治疗试验中,盐酸多西环素注射液是新型的广谱、高效、长效的抗菌类药,对革兰氏阴性杆菌具有较强的抗菌作用,按 10 mg／kg 肌肉注射,1 次／天,连用 3 d,大部分患病羊只就会痊愈,症状特别严重的,可再治疗一个疗程。磺胺嘧啶钠是一种中效磺胺类抗菌药,对革兰氏阳性、阴性菌都有较强的药效,剂量为 0.1 g/kg,2 次／天,连用 3 d,病情严重者可以延长用药疗程。中药制剂(龙骨散)治愈率低,仅为 30%。

3.3　病畜修蹄问题也应该得到重视。用生理盐水将病蹄上的粪便及其他污物清洗干净,用牙刷蘸取 1% 高锰酸钾溶液或 5% 双氧水冲洗患部进行杀菌消毒,同时可在外部涂上松馏油,1 次／天,起到辅助治疗的效果。

4　结论

4.1　通过对羊腐蹄病病原生活特性的观察发现,可长期对羊群科学补饲“多维钙磷锌硒 72 项全能”饲料添加剂。5 月底,对冬季圈舍及其周边进行消毒处理,并及时对羊群用 10% 硫酸铜进行预防性浴蹄,早晚各一次,连续 2 d,隔 2 d 再重复治疗一遍,预防效果较好。

4.2　采用 20% 长效土霉素注射液治疗羊腐蹄病效果非常明显,该药药效持续时间长,2 d 给药一次,使用方便且实惠。以前治疗时采用的药物较多,但药效都比较短,治疗难度大,过后又可能出现重复感染。本试验注射 20% 长效土霉素注射液并取得了比较满意的疗效,可将其作为治疗羊腐蹄病的首选药物之一。

4.3　为了验证最优防治措施对羊腐蹄病的防治效果,将该防治措施推广应用于甘肃省绵羊繁育技术推广站和肃南县、天祝县、永昌县等养殖企业,均取得了较好的效益,降低了发病率,保证了羊只生产质量[6],为广大消费者提供了放心的羊肉产品。

参考文献:

[1] 刘继刚. 一起羊腐蹄病治疗后的启发[J]. 畜牧兽医杂志, 2022, 41(5): 319 – 320.

[2] 赵海宁. 羊腐蹄病的症状、诊断及防治措施[J]. 中兽医学杂志, 2023(7): 49 – 51.

[3] 李建全. 羊腐蹄病症状、诊断及防治措施[J]. 中国畜禽种业, 2021, 17(7): 153 – 154.

[4] 才考吉. 羊腐蹄病预防及治疗[J]. 中国畜牧业, 2022(13):105 – 106.

[5] 陈晓红. 牧区羊群腐蹄病的诊治与防控[J]. 中国畜禽种业, 2022, 18(10): 135 – 138.

[6] 张凤合. 动物疫病防控存在问题及措施[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2020(1): 40 – 41.

布鲁氏菌病浅析

郭强强[1],杨彩虹[2*]
(1. 甘肃(武威)国际陆港管委会,甘肃 武威 733000; 2. 武威市畜牧兽医总站,甘肃 武威 733000)

摘 要:本文从布鲁氏菌病的流行情况、病原特征、临床症状和病理变化等方面,对布鲁氏菌病进行浅析,以期为布鲁氏菌病综合防控提供参考。

关键词:布鲁氏菌病;临床症状;病理变化;综合防控
中图分类号:S855.12 **文献标识码**:C **文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0065 - 03

布鲁氏菌病是由布鲁氏菌感染动物机体所引起的一种变态反应性人兽共患传染病,简称布病。该病被世界动物卫生组织(World Organization for Animal Health,OIE)规定为 B 类传染病,被我国规定为乙类传染病[1]。近年来,随着我国养殖规模的不断扩大,动物及动物产品的流通愈加频繁,使布病在人与畜间广泛流行和传播,对养殖业和公共卫生安全造成了巨大威胁[2]。因此,做好布病的综合防治是目前亟需解决的问题,应当引起全社会高度关注。

1 流行情况

布病传染源主要为患病动物和患病动物的排泄物、污染物,如公畜的精液,母畜的乳汁、流产胎儿和产道污物等。易感动物主要是牛、羊、猪,其次是马、骆驼、犬、鹿等,人亦可感染。传播途径包括受损的皮肤、消化道、呼吸道、生殖道等。家畜感染后会造成巨大的经济损失,人感染会导致严重的疾病,甚至影响生活质量。

布病在全球范围内都有发现。据报道,世界上约有 1/5 ~ 1/6 的人饱受布病困扰[3],主要集中在从事畜牧养殖业相关人员中,该病为一种职业性疾病[4]。1905 年,我国重庆报道了首例病例,之后福建、河南、北京发现散发病例。1950—1970 年,布病在人畜间发生了大规模流行。1952—1990 年,我国共检测了 7 900 万头家畜和野生动物,阳性率高达 17.3%,传统牧区是畜间布病的高发区域。目前,布病已经成为影响我国公共卫生安全的重要疫病之一。

2 病原特征

布鲁氏菌为 G^- 胞内寄生菌,呈短杆状或球杆状,兼性厌氧菌,无经典毒力因子(鞭毛、芽孢等),有荚膜。根据感染动物和抗原性的不同,目前公认的布鲁氏菌可分为 10 个种,分别是羊种、牛种、猪种、绵羊附睾种、沙林鼠种、犬种、鲸种 / 鳍种(2007 年)、田鼠种(2008 年)[5] 和人布鲁氏菌。布鲁氏菌对外界环境具有较强的适应性,存活期长且时间不同,在粪便中可存活45 d以上,在乳汁中可存活60 d左右,在泥土和水中可存活 110 d 左右。在 60 ℃ 下 30 min 或 70 ℃ 下 10 min 的条件下可被彻底杀死。

3 临床症状

布鲁氏菌感染动物以后的潜伏期和临床症状存在个体差异,潜伏期一般为2周 ~ 6个月不等,感染初期通常无明显症状。随着病程发展,症状可表现在局部,也可累及多个器官。牛、羊、猪等家畜感染布鲁氏菌之后,母畜表现为繁殖性能和产奶量下降[7],出现流产、早产、产弱胎或死胎,并伴随子宫炎、产后胎衣不下等症状[8]。公畜主要表现为睾丸炎,还伴有跛行、后肢麻痹、脊柱炎等症状[9]。人也易感布鲁氏菌,羊种布鲁氏菌对人类的致病性最强,其次是牛种、猪种、犬种布鲁氏菌。人感染布鲁氏菌后表现为波状热,伴有颤抖、全身乏力、失眠、厌食、头痛、关节

收稿日期:2025 - 01 - 23
基金项目:武威市科技计划 B 类项目(WW24B01NY065)
作者简介:郭强强(1990 -),硕士研究生,兽医师,主要从事动物传染病诊断与防治工作。E - mail: 729932078@qq.com
通信作者:杨彩虹(1990 -),硕士研究生,高级兽医师,主要从事动物疫病防控及技术服务工作。E - mail: 1726727858@qq.com

痛、便秘、阳痿、精神紧张和抑郁症等相关症状[10]。

4　主要病理变化

布病的病理变化主要发生在生殖系统,母畜感染之后典型症状为生殖道出现炎性反应,表现为子宫绒毛膜有坏死病灶,其次是乳房和关节发生肿胀。流产胎儿病变发生在机体的浆膜层和黏膜层,表现为出血点或出血斑。除了生殖系统病变,机体免疫器官也会发生病变,如肝脏、脾脏、淋巴结会出现不同程度的水肿,感染部位形成肉芽肿等。

5　诊断及检测技术

确诊感染布鲁氏菌主要依靠实验室检测,临床症状可以作为辅助诊断的依据。OIE 规定布病的实验室诊断方法为血清学诊断和病原学诊断两大类。血清学诊断方法应用较普遍,有虎红平板凝集试验(rose bengal plate agglutination test,RBPT)、试管凝集试验(serum agglutination test,SAT)、全乳环状试验(milk ring test,MRT)、补体结合试验(complement fixation test,CFT)和酶联免疫吸附试验(Enzyme - lnked immunosorbent assay,ELISA)等[12]。病原学诊断即细菌的分离鉴定和染色镜检,该方法不仅耗时长,且对生物安全要求极高,无法进行推广应用。近年来针对布鲁氏菌的分子诊断技术发展迅速,如基于布鲁氏菌的 BCSP - 31 序列,对其编码的 B4/B5、16SrRNA(F4/R2)等基因设计特异性引物[13],能够准确检测病原。目前,分子诊断技术在布鲁氏菌病的流行病学调查、监测、净化等方面已经得到了广泛应用。

6　预防和控制

6.1　健全监测预警体系,杜绝疾病扩散

建立科学合理的动物疫病监测和可追溯体系,及时控制和消灭传染源是布病防控的关键[14]。严格采取“免、检、消、杀、管”综合防控措施,第一时间对发现的病畜和阳性牲畜按照具体情况进行扑杀或隔离[15],对病畜尸体及流产物作无害化处理,对可能受污染的产品和环境进行消杀,杜绝病原菌进一步扩散。

6.2　紧盯检疫调运监管,构建安全流通线

规范畜禽检疫和调运监管,切断布病传播途径是布病防控的关键措施[16]。要全面执行国家和地方关于跨省调运动物检疫监管的相关规定,从外省调引家畜执行双证制度(动物检疫合格证明和有效的布病检测报告),严格落实调引前检疫申报、到达报告和落地隔离观察制度,各养殖场严格履行动物防疫第一人责任,切实把好出入口关。

6.3　注重疫苗免疫接种,筑牢免疫屏障

根据国内外防控经验,疫苗免疫是布病防控的重要组成部分。各地区要结合实际情况,选用合适的疫苗、制定科学的免疫程序,做到应免尽免[17]。常用于预防牛布鲁氏菌病的疫苗是牛种布鲁菌 S19 疫苗,其次还有羊种布鲁菌 Rev - 1 疫苗、猪型 S2 疫苗和羊型 M5 疫苗。

6.4　强化宣传引导,做好生物安全措施

政府和各级有关部门要积极开展形式多样的宣传培训活动,提高公众、相关从业人员对布病的认识和重视程度。要积极引导各养殖场加大资金投入,升级场区基础设施条件,建立健全防疫制度,严格执行生物安全防控措施[18];同时提高饲养管理水平,保持场区卫生和通风良好,降低布病发生风险。

参考文献:

[1] 陈科睿. 2010 - 2014 年靖边县羔羊与种公羊布鲁菌病检测[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2014.

[2] 王辉辉. 布鲁氏菌病的发生与综合防控[J]. 现代农业科技, 2016(8): 257.

[3] 唐紫璇, 杨浩, 罗垲炜, 等. 2017 - 2021 年湖南省人间布鲁氏菌病流行病学特征分析[J]. 实用预防医学, 2023, 30(5): 573 - 575.

[4] 刘冬梅. 2018 年至 2020 年大武口区重点职业人群布鲁氏菌病筛查流行病学分析[J]. 婚育与健康, 2021, 27(22): 114 - 115.

[5] 程婷婷. 布鲁氏菌病与莱姆病胶体金免疫层析试纸条的研制[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.

[6] 崔玉革, 李惠敬. 家畜几种布鲁氏菌病的病原、临床症状与病理变化[J]. 养殖技术顾问, 2013(9): 115.

[7] 刘宇. 牛羊布鲁氏菌病的综合防治[J]. 畜牧兽医科技信息, 2022 (7): 141.

[8] 刘守福, 王艳, 丁鹏, 等. 牛布鲁氏菌病的临床症状及其防控[J]. 中国畜禽种业, 2022, 18(8): 141 - 142.

[9] 李天芝, 于新友. 猪布鲁氏菌病的诊断与防控措施[J]. 养猪, 2020(1): 107 - 110.

[10] 周莉, 候权书, 黄诚, 等. 布鲁氏菌病的危害与个人防护[J]. 中国动物检疫, 2016, 33(6): 52 - 54 + 76.

[11] 罗波艳, 聂守民, 王曦迎, 等.《布鲁氏菌病诊

断》(WS 269—2019) 标准应用的调查评价[J]. 中国人兽共患病学报, 2023, 39(5): 509 - 514.

[12] 赵贵民, 王洪梅, 何洪彬. 我国家畜布鲁氏菌病流行现状与诊断技术研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(16): 33 - 39.

[13]MOULANA Z, ROUSHAN M R, MARASHI S M. Evaluation of Different Primers for Detection of Brucella by Using PCR Method[J]. Electron Physician, 2016, 08(11): 3222 - 3227.

[14] 汪洁英, 宁博, 景伟, 等. 布鲁氏菌病及其在我国的防控现状与建议[J]. 中国兽医科学, 2022, 52(12): 1578 - 1585.

[15] 徐丽凤. 牛感染布病的净化处置及防控建议[J]. 中国动物保健, 2023, 25(5): 1 - 2.

[16] 王子坚, 胥元鹏, 彭程, 等. 甘肃省动物布鲁氏菌病防控主要成效与建议[J]. 中国兽医杂志, 2021, 57(5): 120 - 121 + 136.

[17] 景添, 王天星, 陈曦, 等. 羊布鲁氏菌病及其国内外防控净化措施[J]. 动物医学进展, 2022, 43(2): 116 - 120.

[18] 齐彪, 刘志勇, 李颖, 等. 奶牛布鲁氏菌病诊断方法及防控[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2020(24): 172 - 173.

(上接第 59 页)

适应性强,便于观察品种特性,可迅速扩大群体数量等优势,但也存在保种场保种成本投入较大、群体和个体生理利用年限短等资金和技术问题,要做到真正意义上的保种难度较大。应以地方政府投资或企业赞助、国家长期补给的方式扶持保种场的保种工作。

4.2 冷冻技术保种

随着基因工程技术的不断发展,冷冻保存将会在畜禽保种实践中得到广泛应用。冷冻精液和冷冻胚胎已成为当前畜禽遗传资源保护工作中普遍且有效的方法,其有利于基因组资源的长期保存。应鼓励科研院校与保种场及属地技术推广单位有效协作,利用科研院校技术团队的力量,将冷冻精液和冷冻胚胎技术应用到海东鸡的遗传资源保种工作中,降低保种投入。

4.3 生物技术保种

利用基因工程来保种将是未来畜禽品种保存的主要方式。近年来,已建立国家级地方鸡种基因库,为利用基因工程手段保存现有家禽品种奠实了基础。用 DNA 技术保存家禽品种具有保存时间长、成本低、保存完整等特点[6],基因库的建立还可向遗传资源研究者提供较纯正的品种遗传基因,有利于资源的遗传分析。随着分子技术的不断进步,基因库的开发将具有不可估量的价值。

4.4 资源开发利用

在做好保种和选育的同时,应着重利用海东鸡鸡肉和鸡蛋营养丰富、品质好及风味独特的优势特点,通过导入外血或本品种选育的方法,提高其产蛋性能和产肉性能,实现优质优价,补齐短板,弥补海东鸡原始鸡种生长慢、产肉量低的不足。

参考文献:

[1] 青海省畜禽品种志编辑委员会. 青海省畜禽品种志[M]. 西宁:青海人民出版社, 1983: 102 - 103.

[2] 叶培麟. 青海省海东鸡现状与保种选育策略[J]. 养殖与禽病防治, 2007(12): 16 - 17.

[3] 张子安. 青海省海东鸡发展现状调查[J]. 中国家禽, 2014(14): 67 - 68.

[4] 黄应庆. 西宁市推广畜禽品种的现状及发展思路[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2003(4): 48 - 49.

[5] 青海省畜禽品种编辑委员会. 青海省畜禽品种志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1983: 102 - 103.

[6] 张俊霞, 杨葆春. 浅谈青海海东鸡种质资源及其保护措施[J]. 畜禽养殖, 2007(5): 12 - 13.



祁连县牦牛病毒性腹泻病诊断与防控

汪燕昌[1],才仁措[2],康海燕[2],万玛吉[2],白有明[2],丁福英[2*]
(1. 青海省祁连县动物疫病预防控制中心,青海 祁连 810499;
(2. 青海省祁连县畜牧兽医站,青海 祁连 810499)

摘　要:2024 年 7 月,祁连县阿柔乡两个村社的牦牛转入夏季草场后,断奶犊牛中有 25 头陆续发病,出现发烧、腹泻症状,部分还出现粪便带血,发烧一周后陆续死亡 7 头。根据临床发病症状、剖解情况和病理变化,结合实验室 PCR 结果,诊断为牛病毒性腹泻病。

关键词:牛病毒性腹泻病;腹泻;散发流行
中图分类号:S852.65+3　　**文献标识码**:C　　**文章编号**:1003 - 7950(2025)04 - 0068 - 02

1　基本情况

患病牦牛来源:青海省海北藏族自治州祁连县阿柔乡草达坂村和日旭村。饲养条件:夏季牧场放牧牦牛。

2　流行情况

2024 年 7 月,在祁连县阿柔乡境内部分牦牛发生腹泻病。经阿柔乡畜牧兽医站专业技术人员调查发现,草达板村有 7 户牧户的部分养殖牛发病,牛存栏数为 524 头,发病数为 15 头,死亡数为 5 头,发病率为 2.86%,死亡率为 33.33%;日旭村有 5 户牧户的部分养殖牛发病,犊牛存栏数为 448 头,发病数为 10 头,死亡数 2 头,发病率为 2.23%,死亡率为 20.0%,由此可见,该病散发流行。

3　发病及症状

2024 年 7 月 15 日,阿柔乡草达板村夏季草场的牦牛发生腹泻死亡病例,病牛临床表现为精神不振,食欲减退,体温升高(39.5 ~ 41 ℃),眼结膜发炎,流浆性鼻液,流涎,主要以腹泻为主(部分呈水样),严重的带有血便。

4　病理变化

对草达板村二社一牧户死亡的 2 头牦牛(均为 3 岁左右)进行了剖检。剖检发现胆囊肿大、肺脏出血、脾脏有梗死灶、肾脏无光泽质地软、肠道充盈出血、肠系膜淋巴肿大、胃粘膜脱落及真胃出血等,其他无明显变化。

5　实验室检查

对死亡牦牛进行剖检,采集肝、肺脏、心脏、脾脏、肠、肠淋巴结、肾脏和肛拭子等有病变脏器各 2 份,送至青海省畜牧兽医科学院兽医研究所进行实验室诊断,在组织样品和拭子中均检测到 BVDV 阳性。

6　诊断结果

根据本病的流行情况、发病情况、临床症状和病理剖检变化,并结合实验室检查,确诊为牛病毒性腹泻病。

7　防治措施

7.1　预防

牛病毒性腹泻 - 粘膜病(Bovine viral diarrhea mucosal disease,简称 BVD - MD)又称牛病毒性腹泻病,是由牛病毒性腹泻粘膜病病毒引起、在牛身上

收稿日期:2024 - 10 - 08
基金项目:山东省援青技术研发项目(SDYQ2022 - 32)
作者简介:汪燕昌(1978 -),大学本科,高级兽医师,主要从事动物疫病防控工作。E - mail: 1151611206@qq.com
通信作者:丁福英(1993 -),兽医师,主要从事动物疫病防控工作。E - mail: 1042428046@qq.com

发生的一种病害。病牛主要临床特征为发热、黏膜糜烂溃疡、白细胞减少、腹泻免疫耐受与持续感染免疫抑制、先天性缺陷、咳嗽、怀孕母牛流产、产死胎或畸形胎等[1]。预防此病，首先要做好环境卫生管理，其次做好免疫预防工作，对疑似感染牛进行隔离和药物治疗。要加强牧场饲养管理，增强牲畜的抵抗力，对常发该病的牦牛群进行全面免疫预防。其防控要点如下：（1）强化饲养管理，增强牛群的免疫抵抗力。在有条件的情况下，对有既往史的牛群进行免疫接种；（2）牛病毒性腹泻病主要以消化道传播为主，防治该病应注意其传播途径，及时有效隔离患病牛，并及时清除圈地粪便，加强对犊牛圈养场地和饲养用具的消毒工作；（3）在犊牛出生后，必须提供充足的初乳，并注意防寒保暖，发现病牛要及时隔离，尽快确诊并进行相应治疗，对健康牛群要采取紧急免疫接种措施，避免疫情蔓延传播；（4）对应急反应做好充分准备。对于转场或天气骤变等因素，都应考虑在内，及时做好犊牛的应急管理工作；加强预防工作，对畜群进行特异性的疫苗接种，并进一步完善饲养管理及兽医防疫制度[2]。

7.2 治疗

对于牛病毒性腹泻病的治疗，目前尚无特效药，为减少损失、降低死亡率，需结合病畜临床症状。首先，及时隔离患病牛，治疗上主要以抗菌消炎、清热解毒、凉血止痢、强心补液为原则。抗菌消炎可使用广谱抗生素，并结合临床症状治疗。治疗时要根据药敏试验结果选用敏感抗生素，如青霉素、磺胺嘧啶等，并配合采取相应对症治疗，如强心、补液、纠酸等，静脉注射时采用10% 葡萄糖注射液500 mL + 青霉素2 ~ 3 万 IU/kg bw + VC 30 mL + 0.9% 氯化钠注射液 500 mL + 地塞米松 10 mg，1 天 1 次，连续注射 3 d。针对病畜出现脱水及电解质平衡等症，在输液、纠正酸中毒的同时，可服用鞣酸蛋白等收敛止泻类药物，为避免出现继发感染现象，应配合使用磺胺类药物及土霉素等广谱抗生素。其次，可使用中草药治疗。中兽医治疗牛、羊、猪病毒性腹泻，应遵循健脾燥湿、滋阴生津、清热解毒、调整胃肠机能的原则，取黄连 30 g，甘草、半夏、炒白术各 40 g，柴胡、黄芪、生姜、诃子、白头翁、茯苓、槟榔、连翘各 60 g，党参 80 g，外加 10 枚大枣，将上述中草药加入适量水浸泡1 h后文火煎熬，去渣温服，1 次／天，连续服用3 d 即可[3]。

8 讨论

牦牛腹泻病近年在祁连县境内发病较为频繁，调查发现，犊牛和成年牛都有发病。经流行病学调查、临床症状、剖检病理变化和实验室诊断，确诊为牦牛病毒性腹泻病 /BVDV，主要发病原因可能是应急转场、潮湿环境及突变的气候等，患畜本身体弱，营养不良，抵抗力弱，很容易通过消化道感染引发该病。通过实地走访发现，牧户针对腹泻曾用白头翁口服液给病牛灌服，或肌肉注射黄芪多糖、庆大霉素、维生素 C 等，静脉注射青霉素、磺胺嘧啶钠等，但治疗效果不太明显。当地牧户有抗生素使用不当或滥用抗生素等情况，有些牧户仅使用抗生素治疗，而未进行补液纠酸。因此，必须采取科学的预防措施和有效的治疗方式，才能防止该病的发生和流行。

本病的发病率和死亡率较高，病程较短，病时如果来不及治疗就会出现死亡，因此，预防本病必须注意其传播途径。要加强对牦牛的饲养管理，避免牦牛受寒，消除可能降低其抵抗力的因素。做好预防消毒工作，发病时及时隔离病畜，尽快确诊并采取相应的治疗措施，对健康牦牛进行紧急免疫接种，避免疫病的流行。祁连县辖区内牲畜未进行腹泻病的疫苗免疫，在上述应激反应发生时，由于牦牛本身低抵抗力导致了本次疫病的突发。后续应严格按照免疫程序开展牦牛群的免疫接种工作，控制阿柔乡地区牦牛病毒性腹泻的流行，预防此病的再次发生。

致 谢

在诊断过程中得到青海省畜牧兽医科学院兽医生物技术研究室的马利青、王光华、简莹娜等老师的大力支持，在此一并致谢。

参考文献：

[1] 孔繁德，陆承平. 牛病毒性腹泻粘膜病的最新研究进展[J]. 福建畜牧兽医，2005，27(3)：5.

[2] 曹丽娟. 牛病毒性腹泻诊断方法及综合防治[J]. 畜牧兽医杂志，2021，40(5)：96 - 97.

[3] 舒磊. 试论牛、羊、猪感染牛病毒性腹泻病毒临床症状、鉴别诊断以及防控[J]. 中国动物保健，2021，23(10)：22 + 24.

一例架子猪左侧阴囊疝的诊治及体会

向永仙
(湘西州畜牧水产事务中心,湖南 吉首 416000)

摘　要:阴囊疝是家畜常见的一种外科疾病,可分为先天型和后天型两大类。2024 年 5 月,诊治了 1 例左侧阴囊疝架子猪病例,并对该病例的诊治过程、术后饲养管理要点和外科手术实践经验进行总结,以期为同行诊治类似病症提供参考。

关键词:架子猪;左侧阴囊疝;诊治
中图分类号:S828　　**文献标识码:**C　　**文章编号:**1003 - 7950(2025)04 - 0070 - 02

阴囊疝是指膀胱、小肠等腹腔内脏器官经腹股沟环脱入阴囊内的一种外科疾病[1]。猪、牛、羊等多种畜禽均可发生,特别以 2 ~ 3 月龄小公猪最为多发。此病可分为先天型和后天型两大类。先天型,通常是由腹股沟鞘膜管内环的异常扩张所致;后天型,多是由于腹内压过大,鞘膜管内环膨胀而形成。虽然此类疾病有可能会自然康复,但其过程存在诸多潜在风险和不确定性。因此,及时的手术治疗对控制和管理阴囊疝至关重要。

1　诊断与治疗

1.1　诊断

2024 年 5 月 18 日,湖南省吉首市泸溪县洗溪镇花园坪村的李某前来求诊。讲述自养 1 头 18 kg 左右的架子猪,购于洗溪镇集市,购买时未发现异常,饲养一周后发现左侧阴囊增大,尤其是猪只进食后阴囊增大更为显著,采食量无异常变化,精神状态正常,有时阴囊可自行恢复正常,没有进行过治疗。

经现场临床检查,病猪为小公猪,大约两月龄,精神状态良好,食欲正常,体温为 38.5 ℃,脉搏为 103 次/分钟,呼吸频率、深度正常。左侧阴囊部出现局限性圆形凸起,鸡蛋大小,触之柔软,无热,无痛,提举后肢,可使阴囊内容物回至腹腔,左侧阴囊随之缩小,但放下后又恢复至异常状态,可复性良好。经诊断该猪为架子猪左侧阴囊疝,建议畜主对病猪尽早进行手术治疗。

1.2　手术前准备

1.2.1　器材及药品准备　手术刀,手术剪,缝合针,缝合线,止血钳,纱布,2% 碘酊棉球,75% 酒精,青霉素粉,链霉素粉,戊二醛消毒液,注射器,保定绳,保定架及破伤风抗毒素等。将已洗净的器械火焰消毒并进行 30 min 的高温蒸煮杀菌处理[2]。

1.2.2　手术过程　在实施手术之前,先将病猪禁食 12 h,以降低其腹内压。选择一个平坦干净的场地,用 1% 浓度的戊二醛溶液对场地周围彻底消毒,摆置好架子猪保定架,将架子猪倒立绑定在保定架上,做到手术部位充分暴露且不能动弹,便于实施手术。

术者双手清洗消毒后,首先用剃毛刀剃掉病猪阴囊部皮毛,然后用肥皂水清洗污物并擦干,再用 2% 的碘酒棉球从里到外对疝囊部进行消毒,用 75% 的乙醇脱碘,用 10 mL 的普鲁卡因对疝囊进行浸润麻醉,当针刺疝囊周围猪只无反应时,用手术刀切开阴囊皮肤,切口由浅表及深层筋膜,分离鞘膜,沿着纵轴线自鞘膜囊顶部扭转,疝内容物会慢慢返回腹腔。在剥离的过程中,要用浸润过无菌生理盐水的纱布缓慢地将其分离出来,然后轻轻地按压肠管,降低对肠管的刺激,避免损伤肠壁。当确定所有的疝内腹部脏器回归正常位置后,在总鞘膜及精索上做去势结,再剪断,投置青霉素粉 2 瓶(800 000 U)于腹股沟环处。如果腹股沟圈仍然很宽,就需要连续缝合。最后,将皮肤、筋膜进行间断缝合,并将青霉素粉末洒在皮肤上,以预防细菌感染[3]。

1.3　术后护理

收稿日期:2024 - 11 - 24
作者简介:向永仙(1991 -),大学本科,兽医师,主要从事生猪养殖及疾病防控工作。E - mail: 846800035@qq.com

1.3.1 注意防寒保温和禁食 根据气候条件，对术后病猪及时采取防寒和保温措施，避免出现感冒、中暑等不良状况。术后应禁食 12 h 左右，在此期间，宜饲喂少量的温水或补液盐，以满足猪只的水分和电解质需要。

1.3.2 科学喂养 手术 12 h 可以开始逐渐饲喂易于消化、营养丰富的流食。推荐使用白米粥，或者是新鲜饲草与多维混合而成的饲料。此外，还应注意控制病猪食量，日饲喂量为正常饲养量的一半左右为宜；术后应将猪只隔离单独饲养，避免打斗、撕咬等不良动作，以防伤口撕裂和细菌感染；保持猪舍空气流通，环境安静，防蚊、蝇叮咬，同时加强猪舍地面、墙壁、食槽等地方的清洗消毒。

1.3.3 及时用药和拆除缝隙 术后的用药方案如下：1）抗感染用药：用青霉素 10 万单位／千克加链霉素 20 mg/kg，肌肉注射，1 次／天，连用 7 d；2）伤口护理用药：在猪只伤口周围均匀涂抹四环素软膏，3 次／天，连用 7 d；3）解热镇痛用药：用安痛定注射液，每次 3 mg，1 次／天，肌肉注射，连用 3 d；4）营养用药：用复合维生素 C，2 mL/ 次，2 次 / 天，肌肉注射，连续使用 7 d；5）预防破伤风杆菌感染用药：术后 24 h 内，应肌肉注射破伤风抗毒素 1 支。拆除缝线。猪只手术 10 d 后，可以适时拆除其缝合处的缝线，同时需用 2% 碘酊或 75% 的酒精对伤口进行彻底的消毒处理。

1.4 手术结果

经过一段时间的对症治疗和精心护理，病猪恢复健康，食欲、体温正常，左侧阴囊部肿胀消失，痊愈。

2 小结

阴囊疝是一种先天性或获得性的外科疾病。本病例为猪腹股沟环过大或闭合不良所致，若不进行有效诊治，则可能引起消化功能紊乱，甚至死亡，给养殖户带来较大的经济损失。为此，总结以下几点疝气类疾病的诊疗体会，为同行提供参考。

2.1 加强饲养管理，做到早发现，早治疗，避免疝气造成的肠道粘连、坏死，影响小猪的健康成长。

2.2 疝类疾病宜在二月龄以内进行手术

2.2.1 体型小，容易实施绑定。

2.2.2 创伤小，脂肪含量低，容易进行手术。

2.2.3 月龄小，创面恢复更快。

2.3 手术注意事项

2.3.1 要采取倒立姿势进行保定，这样既能使兽医更容易进行手术，又易于疝囊内容物归位。

2.3.2 重视无菌操作，手术的整个过程必须在无菌环境中完成。

2.3.3 注意遵循钝性剥离原则，特别是发现病猪肠管已发生粘连或坏死时，则更应进行钝性剥离。

2.3.4 注意预防感染，术后及时注射抗菌消炎药物，帮助猪只减轻炎症反应。

2.3.5 注意降低腹内压。术前应进行禁食，避免食物进入导致腹腔压力增大；术后，特别是前 10 d，要注意控制猪只的饲料摄入量，最大程度地降低其腹腔内压。

参考文献：

[1] 黎勇. 一例架子猪左侧阴囊疝的诊断与治疗[J]. 湖北畜牧兽医，2021，42(2)：13 - 14.

[2] 寇周安. 一例猪脐疝的诊治体会 [J]. 湖南畜牧兽医，2023，44(4)：26 - 28.

[3] 于志勇，张勇，张兴平. 针对猪疝病的两种诊疗方法[J]. 畜牧兽医科技信息，2007，22(4)：68.

《青海畜牧兽医杂志》约稿启事

《青海畜牧兽医杂志》(双月刊) 是由青海省畜牧兽医学会和青海省畜牧兽医科学院联合主办的学术刊物,主要报道青海省和青藏高原地区畜牧、兽医、草原等方面的科研成果。欢迎从事科研、教学和生产管理人员、基层技术人员向本刊投稿。

1. 文稿要求论点明确,论据可靠,数据准确,文字精炼。试验研究类文稿请附中、英文标题,3 ~ 8 个中英文关键词、中英文摘要,作者姓名的汉语拼音(姓全部大写)。

2. 文稿使用规范汉字。严格执行现行国家标准、行业标准以及本刊要求的规范撰写。文稿篇幅控制在 5 000 字以内。

3. 文稿题目,一般在 20 字以内,不用副标题,作者署名不宜过多,注明全部作者的单位,单位所在城市,邮政编码。文稿需附摘要和关键词,字数限 300 字以内。实验数据均应做生物统计处理,文稿对创新的或有实质改进的则要详述,一般方法可引文献。

4. 省级、国家自然科学基金资助项目,来稿时注明项目基金号。

5. 正确使用标点符号,简化以国务院公布的简化汉字为准,文稿内的度量衡单位一律使用国际单位制符号,可用与国际单位制单位并用的我国法定计量单位符号。例如,文中复合单位用 mg/mL,图表中复合单位用 $mg \cdot mL^{-1}$;克/只不能写作 g/只;表示重量不能用吨,一律用 g 或 kg;表示面积不能用亩(农牧业除外),一律用 hm^2。

6. 文稿中的外文分清大小写,正斜体和上下角标。首次出现的生物学名称,要注明拉丁文学名,需排斜体的请在字下面画横线注明。

7. 文稿中图表绘制要规范、清晰,图中文字、符号、数字书写清楚并注明图号、图题,图题、表题不需翻译英文。

8. 文稿中引用资料,请用顺序编码制,按国际著录格式列出参考文献。未发表的资料请勿引用。

9. 参考文献的书写格式如下:

期刊:[序号] 作者署名(参考文献中英文人名全部大写(只写出 3 个人,其余 *et al.*),标点符号后全部空格). 文献题名[J]. 期刊名,年,卷(期):起止页.

书籍:[序号] 作者署名. 书名[M]. 出版地:出版者,出版年. 起止页.

论文集:[序号] 作者署名. 文献题名[A]. 编者. 书名. 出版地:出版者,出版年. 起止页.

10. 本刊禁止一稿多投。2 个月左右未接到本刊任何通知,作者才可对文稿做其他处理。投稿时请附查重报告,要求查重结果在 10% 以下(特殊情况 13% 以下)。

11. 作者来稿文责自负,但本刊有权作文字修改和删减。对科技成果、试验报告、调查疫情等稿件,须附相关部门审核同意刊发的情况证明,作者所属单位对该稿件作保密和法律责任审查。

12. 文章未发表前请作者谨慎保护个人知识产权。投稿请自留底稿,未采用不退稿。

13. 如无特殊声明,问稿一经采用,本刊则拥有该稿件的印刷版、电子版和网络版的使用权。所刊登文章除本刊自行使用外,同时许可与《青海畜牧兽医杂志》签订合作协议的中国知网、万方、超星、维普以上四个数据库以数字化方式复制、发行、网络传播本刊全文。作者向本刊投稿的行为一律视为同意上述声明。

14. 本刊不收取任何版面费用,文稿一经刊登,即邮寄杂志 1 份。

15. 投稿请在页脚写明作者姓名,出生年,学历,职称,主要从事的工作,邮箱。为便于联系,作者来稿时请写明工作单位,地址,邮编以及联系电话。

16. 投稿请投至《青海畜牧兽医杂志》编辑部唯一指定投稿邮箱:qhxmsyzz@163.com,未曾委托任何第三方机构代理,请作者知悉,谨慎投稿。

17. 编辑部地址:青海省西宁市城北区生物园区纬二路 1 号青海省畜牧兽医科学院(青海大学畜牧兽医科学院),邮编:810016,电话:0971 - 5318387。