

果糖对绵羊精液常温保存效果的影响

盛云¹ 许静^{2*}

1. 江苏省盱眙县盱城街道综合服务中心, 江苏盱眙 211700;

2. 江苏省盱眙县动物卫生监督所, 江苏盱眙 211700

摘要 选取 3 只 2 岁的健康公湖羊, 采用假阴道法采集精液, 并用不同浓度果糖的稀释液稀释处理置于 15 ℃ 进行常温保存, 在精液常温保存期间, 每天采用迈朗全自动精子分析仪(CASA)针对精子活率、活力和直线速率等运动性能进行检测, 比较添加不同浓度果糖的稀释液对绵羊精液常温保存的影响。试验结果显示: 精子活率和活力随果糖浓度的升高呈现先上升后下降的趋势, 0.040 g/mL 的果糖添加量最有利于绵羊精液的常温保存, 该浓度的果糖添加量可以改善精液保存品质, 提高精液保存时间。

关键词 果糖; 常温保存; 精子活力; 精子活率; 运动性能

在养羊生产中使用人工授精技术可以大大提高种公羊的利用效率, 防止一些疾病的传播、提高受胎率和减少一定的养殖成本等^[1-3]。因为绵羊精液保存技术的缺乏, 实际生产中大多采用新鲜精液进行输精, 受时间和区域的限制不能充分发挥人工授精技术的优势。人工授精技术的核心是精液有效保存时间的延长, 而影响精液保存时间的因素之一是稀释液成分的选择^[4-5]。稀释液是由营养物质、缓冲物质和抗菌物质组成, 营养物质在其中的作用至关重要, 糖类物质是最主要也最常使用的营养物质之一, 精子可以利用稀释液中的糖类营养物质为其运动和存活提供能量^[6]。精液常温保存过程需要消耗一定的糖类, 因此, 在稀释液中必须添加适宜浓度的糖类, 低浓度的糖不能满足精液保存过程中的消耗, 缩短精子的有效存活时间, 而过高浓度的糖则会影响稀释液的渗透压, 破坏精子的结构, 从而影响精液的保存品质^[7]。另一方面果糖在人精浆中含量较高, 对精子具有一定的保护作用, 但在精液体外保存中添加果糖的研究较少^[8]。因此, 为探究糖类添加量对绵羊精液常温保存的影响, 本研究在稀释液中添加不同浓度的果糖, 通过检测精子活率、活力和直线速率等

精子运动性能来确定稀释液中最适宜的果糖添加量, 以提高精液的保存品质、延长精子的存活时间, 从而提高人工授精技术的受胎率。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 试验动物: 本试验所用精液采自于江苏绿森然有限公司提供的 3 只健康湖羊, 年龄为 2 岁, 膘情优良, 体质健壮, 无任何疾病。

2) 主要仪器设备: 迈朗全自动精子分析仪、恒温水浴锅、电子分析天平、涡旋振荡器和恒温箱。

3) 主要试剂与药品: 三羟甲基氨基甲烷(Tris)、果糖、柠檬酸、青霉素钠和硫酸链霉素。

1.2 试验设计

本试验采用含有 0.005、0.010、0.020、0.040、0.080 g/mL 果糖的绵羊精液常温保存稀释液对绵羊精液进行 15 ℃ 常温保存, 每隔 24 h 轻轻翻动精液, 防止精子沉淀聚积。在精液保存期间, 每天采用 CASA 对精子活率、活力、直线速率、曲线速率、路径速率、移动角度和侧摆幅度进行检测, 以评价不同浓度的果糖对绵羊精液常温保存的作用效果。

收稿日期: 2021-05-15

基金项目: 江苏现代农业(肉羊)产业技术体系课题研究(JATS[2019]209)

*通讯作者

盛云, 女, 1971 年生, 高级兽医师。

1.3 试验方法

1) 稀释液配置:使用电子天平准确称取 0.20、0.40、0.80、1.60、3.20 g 果糖,1.23 g Tris,0.66 g 柠檬酸,0.01 g 青霉素钠和 0.03 g 硫酸链霉素,分别充分溶解于 40.00 mL 灭菌的超纯水,配置成含有 0.005、0.010、0.020、0.040、0.080 g/mL 果糖的绵羊精液常温保存稀释液。

2) 精液采集与稀释:采用假阴道法采集公羊精液,采精结束后,将精液置于 37 °C 保温杯并在 30 min 内带回实验室。对精液品质进行常规检查,选取颜色、气味和射精量正常的精液镜检,选取精子活力 80% 以上、畸形率低于 15% 的精液进行混匀处理,采用预热的含有不同浓度果糖的稀释液进行稀释,然后用多层棉花包裹置于 15 °C 恒温箱保存。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 对试验数据进行整理,利用 SPSS 软件对数据进行单因素方差分析,处理结果用“平均值±标准误”表示。每组设置有 3 个重复, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 在常温保存下不同质量浓度果糖对绵羊精子活率的影响

由表 1 可知,添加适宜浓度的果糖可以提高绵羊精液常温保存的精子活率,但过高浓度的果糖会显著降低精子活率。各组的精子活率随果糖质量浓度

的提高呈现先上升后下降的趋势,且 0.040 g/mL 果糖添加量的精子活率最高,0.080 g/mL 果糖添加量的精子活率显著降低。保存 1~3 d、5 d、7~8 d 时,0.040 g/mL 果糖添加量的精子活率显著高于其他各组;保存 4 d、6 d 时,0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 果糖添加量的精子活率显著高于 0.005 g/mL 和 0.080 g/mL 组,但 0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 组间差异不显著。

2.2 在常温保存下不同质量浓度果糖对绵羊精子活力的影响

由表 2 可知,添加适宜浓度的果糖可以提高绵羊精液常温保存中的精子活力,但添加过多的果糖会显著降低精子活力。各组的精子活力随果糖质量浓度的提高呈现先上升后下降的趋势,且 0.080 g/mL 果糖添加量的精子活力显著降低。保存 1 d 时,0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 果糖添加量的精子活力显著高于 0.005 g/mL 和 0.080 g/mL 组;保存 2 d 时,0.010、0.020 和 0.040 g/mL 果糖添加量的精子活力均显著高于 0.005 g/mL 和 0.080 g/mL 组;保存 3 d 时,0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 组的精子活力显著高于 0.005 g/mL 和 0.080 g/mL 组;保存 4 d 时,0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 组的精子活力显著高于其他各组;保存 5~7 d 时,0.040 g/mL 组的精子活力显著高于其他各组。

2.3 在常温保存下不同浓度果糖对绵羊精子运动性能的影响

由表 3 可知,保存 2 d 时,0.040 g/mL 果糖添加量的直线速率最高,但与其他各组差异不显著;保

表 1 在常温保存下不同质量浓度果糖对绵羊精子活率的影响

%

保存时间/d	果糖不同质量浓度/(g/mL)				
	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
0	92.25±1.12	92.25±1.12	92.25±1.12	92.25±1.12	92.25±1.12
1	83.75±0.69b	86.00±0.89ab	87.02±1.20ab	88.59±0.69a	30.80±1.41c
2	79.59±1.97b	84.77±1.41a	84.27±0.38a	88.33±0.88a	25.96±1.11c
3	75.66±1.25b	80.94±1.35a	81.99±1.37a	83.97±1.63a	21.14±1.24c
4	73.79±0.62c	77.24±1.37b	80.09±1.18ab	82.83±1.42a	15.26±0.46d
5	71.36±0.47d	75.25±0.97c	78.73±1.05b	82.24±1.27a	13.09±0.34e
6	66.41±1.24c	71.20±0.96b	73.21±1.56ab	75.94±1.17a	12.99±0.49d
7	47.04±0.80d	53.48±1.23c	57.77±0.73b	64.80±0.77a	10.32±0.70e
8	27.85±0.86b	30.33±1.64b	33.74±0.93a	36.63±0.94a	7.19±0.60c

注:同行标注的不同字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),下同。

表 2 在常温保存下不同质量浓度果糖对绵羊精子活力的影响

%

保存时间/d	果糖不同质量浓度/(g/mL)				
	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
0	88.20±1.19	88.20±1.19	88.20±1.19	88.20±1.19	88.20±1.19
1	78.36±0.65b	81.09±1.49ab	83.85±1.11a	83.35±0.84a	21.14±0.72c
2	73.20±0.98b	78.43±0.92a	78.86±0.90a	81.36±0.71a	18.20±1.96c
3	65.53±0.44c	73.08±2.36b	75.27±0.63ab	79.03±2.09a	13.97±1.04d
4	66.16±1.45c	69.80±0.99b	75.27±1.06a	77.48±1.45a	10.86±0.27d
5	63.37±0.76d	68.54±1.66c	73.07±1.35b	77.61±1.38a	9.29±0.68e
6	59.12±0.66c	63.52±0.40b	65.90±1.06b	68.98±1.19a	8.99±0.26d
7	36.75±0.74c	39.63±0.97c	47.18±0.95b	53.38±0.85a	7.73±1.08d
8	17.20±1.72c	19.52±0.98bc	23.71±1.18a	22.79±0.12ab	4.29±0.84d

存 3 d 时, 0.020 g/mL 果糖添加量的直线速率显著高于 0.005 g/mL 和 0.080 g/mL 组, 但与其他组差异不显著; 保存 4~5 d 时, 0.080 g/mL 果糖添加量的直线速率显著低于其他各组; 保存 6 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的直线速率最高, 且显著高于 0.010 g/mL、0.020 g/mL 和 0.080 g/mL 组; 保存 7 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的直线速率最高, 且显著高于 0.005、0.010 和 0.080 g/mL 组; 保存 8 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的直线速率最高, 且显著高于 0.080 g/mL 组, 但与其他组间差异不显著。

保存 2 d、5 d 和 8 d 时, 0.080 g/mL 果糖添加量的精子曲线速率、路径速率显著低于其他各组; 保存 3 d 时, 0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 果糖添加量的曲线速率、侧摆幅度显著高于其他各组, 但

0.020 g/mL 与 0.040 g/mL 组间差异不显著; 保存 4 d 时, 0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 果糖添加量的曲线速率、路径速率、侧摆幅度显著高于 0.080 g/mL 组; 保存 6~7 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的曲线速率、路径速率、侧摆幅度最高, 且显著高于其他各组。保存 2 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的路径速率、侧摆幅度最高, 且显著高于 0.080 g/mL 组; 保存 3 d 时, 0.020 g/mL 和 0.040 g/mL 果糖添加量的路径速率显著高于其他各组; 保存 5 d 时 0.080 g/mL 果糖添加量的路径速率、侧摆幅度显著低于其他各组。保存 1~4 d、6~7 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的移动角度最高, 且显著高于 0.080 g/mL 组; 保存 5 d 时, 0.040 g/mL 果糖添加量的移动角度显著高于其他各组。

表 3 在常温保存下不同质量浓度果糖对绵羊精子运动性能的影响

运动指标	保存时间/d	果糖不同质量浓度/(g/mL)				
		0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
直线速率/ ($\mu\text{m/s}$)	0	50.14±0.88	50.14±0.88	50.14±0.88	50.14±0.88	50.14±0.88
	1	36.69±2.55ab	37.99±3.02ab	43.10±0.18a	39.73±1.12ab	36.35±1.33b
	2	36.02±1.56a	34.17±0.89ab	33.72±0.31ab	34.33±0.86ab	31.57±1.68b
	3	28.19±1.41b	29.52±0.95ab	31.90±0.73a	30.32±0.18ab	27.87±0.23b
	4	30.75±0.87a	30.11±0.28a	32.49±1.47a	29.73±1.34a	25.68±0.81b
	5	30.75±0.32a	30.14±0.91a	32.23±0.69a	30.81±1.17a	23.84±0.30b
	6	29.66±0.28ab	28.74±0.36b	28.97±0.08b	29.95±0.24a	21.88±0.36c
	7	24.02±0.64b	24.54±0.65b	25.60±0.67ab	27.06±0.49a	20.40±0.62c
	8	18.77±0.59ab	20.70±0.43ab	20.70±0.78ab	21.54±0.48a	17.90±1.69b

续表

运动指标	保存时间/d	果糖不同质量浓度/(g/mL)				
		0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
曲线速率/ ($\mu\text{m/s}$)	0	89.83±2.02	89.83±2.02	89.83±2.02	89.83±2.02	89.83±2.02
	1	71.82±3.05b	77.15±4.38b	87.35±1.70a	81.68±1.79ab	73.81±3.14b
	2	72.49±2.26a	69.76±1.75a	69.01±0.98a	74.24±3.19a	59.20±3.71b
	3	61.83±2.62b	62.55±0.93b	67.42±1.32a	67.05±0.27a	59.05±0.42b
	4	65.51±2.11ab	60.47±1.68bc	71.16±3.54a	65.73±4.08ab	54.57±1.73c
	5	64.63±0.40a	64.73±2.25a	68.97±1.40a	65.68±1.66a	46.59±2.71b
	6	62.44±1.05b	63.26±0.03b	62.48±0.54b	68.16±0.70a	50.79±1.40c
	7	52.53±0.11b	54.01±1.63b	57.92±1.05b	63.98±2.20a	46.35±3.08c
	8	47.04±0.62a	47.93±0.68a	48.74±2.49a	51.54±0.40a	41.42±2.44b
路径速率/ ($\mu\text{m/s}$)	0	63.52±1.42	63.52±1.42	63.52±1.42	63.52±1.42	63.52±1.42
	1	50.78±2.16b	54.55±3.10b	61.77±1.20a	57.76±1.27ab	52.19±2.22b
	2	51.26±1.60a	49.33±1.24a	48.79±0.69a	52.49±2.25a	41.86±2.62b
	3	43.72±1.85b	44.23±0.66b	47.67±0.94a	47.41±0.20a	41.75±0.30b
	4	46.32±1.49ab	42.76±1.19bc	50.32±2.50a	46.48±2.88ab	38.59±1.22c
	5	45.70±0.29a	45.77±1.59a	48.77±0.99a	46.44±1.18a	32.95±1.92b
	6	44.16±0.74b	44.73±0.02b	44.18±0.38b	48.20±0.50a	35.91±0.99c
	7	37.14±0.08b	38.19±1.15b	40.96±0.74b	45.25±1.56a	32.77±2.18c
	8	33.26±0.44a	33.89±0.48a	34.47±1.76a	36.44±0.28a	29.29±1.72b
移动角度/ ($^{\circ}/\text{S}$)	0	76.92±11.01	76.92±11.01	76.92±11.01	76.92±11.01	76.92±11.01
	1	62.70±5.70a	62.86±4.49a	63.99±1.98a	72.70±3.29a	12.91±0.17b
	2	56.27±5.53c	69.95±1.89ab	59.10±3.83bc	72.94±5.51a	9.75±1.61d
	3	48.37±1.69c	57.23±3.68b	65.85±3.25ab	67.19±1.67a	12.09±3.04d
	4	50.98±3.07a	52.16±3.37a	64.57±1.41a	64.71±8.87a	7.22±0.88b
	5	48.54±0.60c	54.55±1.85bc	59.06±5.13b	69.69±3.18a	10.68±2.05d
	6	46.23±3.66c	62.26±3.64ab	56.17±2.81b	70.57±3.09a	9.04±1.21d
	7	36.54±1.14b	39.82±3.16ab	42.87±2.25ab	47.59±5.15a	7.87±0.42c
	8	24.04±2.03a	23.19±0.56a	24.96±0.19a	20.99±2.27a	5.26±0.29b
侧摆幅度/ μm	0	26.31±0.59	26.31±0.59	26.31±0.59	26.31±0.59	26.31±0.59
	1	21.04±0.89b	22.59±1.28b	25.59±0.50a	23.93±0.52ab	21.62±0.92b
	2	21.24±0.66a	20.43±0.51a	20.21±0.29a	21.74±0.93a	17.34±1.08b
	3	18.11±0.77b	18.32±0.27b	19.75±0.39a	19.64±0.08a	17.29±0.12b
	4	19.19±0.62ab	17.71±0.49bc	20.85±1.04a	19.25±1.19ab	15.98±0.51c
	5	18.93±0.12a	18.96±0.66a	20.20±0.41a	19.24±0.49a	13.65±0.79b
	6	18.29±0.31b	18.53±0.01b	18.30±0.16b	19.97±0.21a	14.88±0.41c
	7	15.39±0.03b	15.82±0.48b	16.96±0.31b	18.74±0.65a	13.57±0.90c
	8	13.78±0.18a	14.04±0.20a	14.27±0.73a	15.10±0.12a	12.13±0.72b

3 讨 论

由于绵羊精子结构的特殊性,导致其对超低温冷冻的不耐受,容易造成精子结构的损伤,在解冻后精子活率低、人工授精后受胎率低下,现阶段的绵羊冻精技术不够成熟;另一方面由于绵羊冻精技术操作的复杂性以及高昂设备费,目前在生产实践中的使用价值不大^[9]。鲜精、常温和低温保存的精液具有精子活力高、精子密度大、成本低、操作简单和对精子的损伤较小等优点,但是其保存时间较短,精子有效存活时间不能满足生产实践需要。精子活力代表着精子直线前进运动的能力,与精子受精能力关系密切,是反映精子功能和评价精液质量的重要指标,是精子穿过生殖道、与卵母细胞成功结合的前提^[10-11]。

糖类物质是精液稀释液中的重要组成成分,在稀释液中有重要的作用。首先,糖类物质可以作为营养物质为精子的生存、运动和代谢提供能量;糖类物质还可以提高过氧化物酶的活性,防止细胞膜的脂质过氧化,保持细胞膜通透性的稳定。其次,糖类物质可以调节精子的渗透压,防止渗透压改变对精子膜结构产生的损伤,可以保持精子的活力、受精能力和膜结构的完整;精子膜结构对于其获能、顶体反应、穿过透明带和维持自身代谢等非常重要,完整的顶体对顶体反应的发生至关重要,若顶体受到损伤,受精过程就不能完成。最后,在超低温冷冻保存中,糖类物质还可以作为非渗透性保护剂,不能进入精子细胞内部,在特定温度下可以降低溶质浓度,提高胞外的渗透压,避免胞内水分外流而使细胞皱缩,且糖类物质具有一定的黏性,吸附在精子细胞的外围,可以减少胞内冰晶的形成,在一定程度上避免精子膜结构产生损伤,提高解冻后的精子活率和顶体完整性^[12-15]。

李新红等^[16]在对蓝狐精子的研究中发现,稀释液中糖类物质的添加与否对精液短期保存的质膜完整率和顶体完整率有显著影响;毛冉等^[17]在杜泊羊精子的研究中发现,有糖类物质添加时,各项指标如精子平均活率、存活时间、质膜完整率和顶体完整率均显著高于没有糖类物质添加组;有较多的研究表明,果糖和葡萄糖是精子的主要能量来源,且添加果糖时的犬精子解冻后的精子活率高于添加葡萄糖时的精子活率;叶小萍等^[18]在人精子的研

究中发现,精浆果糖含量与精子活动力有显著的相关性,精浆果糖含量越高,精子活动力越强;邱建华^[19]在山羊精液的研究中发现,无论是否使用卵黄包被,适宜浓度的葡萄糖可以提高精子活率,过高浓度的葡萄糖则会影响精子活率;刘鑫^[20]在猪精子的研究中发现,添加中间适宜浓度的果糖可以显著提高精子活率和质膜完整率。本试验研究发现,精液的保存品质并非与稀释液中营养物质的添加量成正比,在绵羊精液常温保存稀释液中添加适宜浓度的果糖可以提高精液常温保存品质,过高浓度的果糖则会降低精子活率、活力,缩短精子保存时间,与上述研究结果相一致。这可能是由于过高浓度的果糖会影响精液稀释液的渗透压等理化性质,另一方面还可能是过量的葡萄糖使精子产生过多的代谢废物,使精子酸中毒死亡^[21]。本试验中适宜浓度果糖提高精子活力的原因可能是糖分子的羟基跟脂质双分子层的头端极性基团磷脂结合成稳定的氢键,进而稳定质膜^[22-23]。

4 结 论

在绵羊精液常温保存中添加适宜浓度的果糖可以改善精液保存品质,提高精子存活时间,最适宜的果糖添加浓度是0.040 g/mL。

参 考 文 献

- [1] 邵顺宁,尹庆宁.影响猪人工授精效果的原因及对策[J].当代畜禽养殖业,2013(5):34-36.
- [2] 柳峰涛.种猪繁殖障碍及其预防措施[J].黑龙江动物繁殖,2015,23(4):26-27.
- [3] SALMON V M, LECLERC P, BAILEY J L. Novel technical strategies to optimize cryopreservation of goat semen using cholesterol-loaded cyclodextrin[J]. Cryobiology, 2017, 74: 19-24.
- [4] 张柳明, TARIQ S, 马金亮, 等. 卵黄在湖羊精液常温保存中的作用效果[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(8): 125-131.
- [5] 赵展展, 柳梦圆, 陈雷, 等. 不同中效稀释粉对猪精液常温保存效果的比较[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 212-220.
- [6] 孙玲伟, 戴建军, 吴彩凤, 等. 五种糖类对犬精液冷冻保存效果的研究[J]. 湖北畜牧兽医, 2020, 41(6): 10-13.
- [7] KAMP G, BÜSSELMANN G, JONES N, et al. Energy metabolism and intracellular pH in boar spermatozoa[J]. Re-

production, 2003, 126(4):517-525.

[8] 魏哲文,杨竣,王涛,等.人类精子冷冻保存技术的研究进展[J].临床泌尿外科杂志,2017,32(12):923-925,929.

[9] 张柳明,马金亮,冯云奎,等.甘油在湖羊精液常温保存中作用效果研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2020,41(5):69-74.

[10] 赵占强,周玉香,洪涛.不同浓度海藻糖对牛冷冻精液品质的影响[J].中国牛业科学,2017,43(1):23-25.

[11] 张婷.四种糖类对猪精液冷冻保存效果的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.

[12] FRIEDLER S, GIUDICE L C, LAMB E J. Cryopreservation of embryos and ova[J]. Fertil steril, 1988, 49(5):743-764.

[13] CHEN Y, FOOTE R H, BROCKETT C C. Effect of sucrose, trehalose, hypotaurine, taurine, and blood serum on survival of frozen bull sperm. [J]. Cryobiology, 1993, 30(4):423-431.

[14] WOELDERS H, MATTHIJS A, ENGEL B. Effects of trehalose and sucrose, osmolality of the freezing medium, and cooling rate on viability and intactness of bull sperm after freezing and thawing[J]. Cryobiology, 1997, 35(2):93-105.

[15] 何涛.三种多糖对猪精子冷冻保存效果的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.

[16] 李新红,邹兴淮,朱淑文,等.不同糖类对蓝狐精子常温及冷冻保存特性的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2004(4):334-338.

[17] 毛冉,李清泉,石剑华,等.不同糖类稀释液对低温保存杜泊羊鲜精的影响[J].家畜生态学报,2015,36(12):24-28.

[18] 叶小萍,舒程玲,刘敏.精浆果糖浓度与精子3项参数的关系对男性不育的影响[J].中国实验诊断学,2010,14(10):1640-1641.

[19] 邱建华.山羊精液液态保存过程中精子葡萄糖代谢的研究[D].泰安:山东农业大学,2011.

[20] 刘鑫.果糖和海藻酸钠对猪精液4℃低温保存效果影响的研究[D].天津:天津农学院,2019.

[21] 张利.猪精子在液态保存过程中葡萄糖代谢的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.

[22] ANCHORDOGUY T J, RUDOLPH A S, CARPENTER J F, et al. Modes of interaction of cryoprotectants with membrane phospholipids during freezing[J]. Cryobiology, 1987, 24(4):324-331.

[23] CROW J H, CROWE L M, CARPENTER J F, et al. Interactions of sugars with membranes[J]. Biochim biophys acta, 1988, 947(2):367-384.

【责任编辑:胡 敏】

羊补饲铜元素

饲草中缺乏铜时,会引起羊只贫血,并会减少羊毛弯曲度,降低羊毛角蛋白质中胱氨酸的含量,不但羊毛光泽不佳,还会使黑色羊毛色素缺乏。深秋和冬季的饲草经过风化后,饲草中的铜损失严重,羊只更易患缺铜症。

为了保证羊的健康,获得质量较高的羊毛,可在羊的日粮中加入千分之一的硫酸铜溶液2 mL,连用5 d。每隔20 d左右补喂5 d,直到春季青绿饲料充足时为止。这样既可以提高羊毛的质量,又可以预防羊缺铜性贫血,保证羊只正常生长。

来源:农业科技报