

娘亚牦牛人工授精与超数排卵试验

苏奎源¹ 徐业芬^{1*} 周志浩¹ 贺子强¹ 欧杰次仁² 次仁曲珍³ 次仁央吉³

(1. 西藏农牧大学 动物科学学院 农业农村部西藏包虫病防治重点实验室 (部省共建), 西藏林芝 860000; 2. 西藏娘亚牦牛养殖产业发展有限责任公司; 3. 西藏那曲市嘉黎县农牧业科技服务站, 西藏那曲 852400)

摘要 娘亚牦牛作为西藏那曲市嘉黎县的珍贵牦牛品种, 对当地经济发展具有重要意义。然而其自然繁殖力低下, 成为影响经济发展的重要因素之一。为推动娘亚牦牛良种扩繁进程, 本研究采用孕酮栓+PG+PMSG同期发情处理(A组, $n=13$)与三合激素快速发情处理(B组, $n=12$)进行对比, 探究三合激素快速发情在娘亚牦牛上的应用效果; 同时采用孕酮栓+FSH+PG超数排卵方法处理娘亚牦牛母牦牛, 探究高原地区娘亚牦牛超数排卵技术是否可用于提高其繁殖力。结果表明: A组处理发情牦牛集中于撤栓后48 h内, 总发情率为92.31%, 人工授精后受胎率为58.33%; B组处理发情牦牛集中于注射三合激素后72 h, 且发情率仅为58.33%, 显著低于A组 ($P<0.05$), 人工授精后受胎率为57.14%, 与A组无显著性差异 ($P>0.05$)。超数排卵结果表明: 孕酮栓+FSH+PG处理方法可用于娘亚牦牛的良种扩繁, 处理后发情率可达到80%, 平均黄体数为 3.2 ± 1.32 个, 冲胚后头均胚胎数为 0.75 ± 0.71 枚。本文为西藏娘亚牦牛人工授精及超数排卵提供了数据参考。

关键词 娘亚牦牛; 同期发情; 三合激素; 超数排卵

中图分类号: S823.8+5

文献标志码: A

文章编号: 2096-4781 (2025) 06-0785-08

DOI: 10.19707/j.cnki.jpa.2025.06.012

Investigation of the Estrus Induction Effects of Various Drugs and Superovulation Experiment in Niangya Yaks

SU kuiyuan¹, XU yefen^{1*}, ZHOU zhihao¹, HE ziqiang¹, OUJIE ciren², CIREN quzhen³, CIREN yangji³

(1. Key Laboratory for Prevention and Control of Hydatid Disease in Xizang (Co-constructed by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Animal Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi, Xizang 860000, China; 2. Xizang Niangya Yak Breeding Industry Development Limited Liability Company, Naqu 852400, China; 3. Xizang Naqu Jiali County Agriculture and Animal Husbandry Science and Technology Service Station, Naqu 852400, China)

Abstract: The Niangya yak, a precious yak breed in Jiali County, Naqu City, Xizang, holds significant economic importance for the local region. Nevertheless, its natural reproductive capacity is low, which constitutes one of the crucial factors influencing economic development. To advance the breeding process of Niangya yaks, this study compared the application effect of the progesterone suppository + PG + PMSG synchronization treatment (Group A, $n=13$) with the three-hormone rapid synchronization method (Group B, $n=12$) to explore the effect of the three-hormone rapid synchronization method on Niangya yaks. Simultaneously, the progesterone

收稿日期: 2025-01-04

作者简介: 苏奎源 (2001-), 男, 汉族, 河南驻马店人, 硕士生。研究方向: 主要从事高原动物生殖生理方面的研究。

通信作者: 徐业芬 (1975-), 女, 汉族, 湖北随州人, 博士, 教授。研究方向: 主要从事高原动物繁殖生理学方面的研究。

基金项目: 西藏自治区科技厅区域科技协同创新专项 (QYXTZX-NQ2022-04); 西藏自治区基层农技推广体系示范基地建设项目 (XZNYSFJD202509); 西藏自治区科技厅重点研发计划项目 (XZ202001ZY0044N)。

suppository + FSH + PG superovulation method was employed to treat Niangya yaks in the highlands, and to investigate whether the superovulation technology in the highlands could be utilized to enhance their reproductive capacity. The results demonstrated that in estrus synchronization, the estrus of yaks in Group A was concentrated within 48 hours post-pessary removal, achieving an overall estrus rate of 92.31% and an artificial insemination conception rate of 58.33%. In contrast, for Group B, estrus was concentrated 72 hours after triad hormone injection, with a significantly lower estrus rate of 58.33% ($P < 0.05$) compared to Group A. However, the artificial insemination conception rate for Group B was 57.14%, which did not differ significantly from Group A ($P > 0.05$). The superovulation results indicated that the progesterone pessary + FSH + PG treatment method could effectively enhance the breeding of Niangya yaks. Post-treatment, the estrus rate reached 80%, with an average of 3.2 ± 1.32 corpora lutea per cow. This theoretically allowed for approximately 3 embryos per cow, while embryo flushing yielded an average of 0.75 ± 0.71 embryos per head. This could be employed as a measure to improve the reproductive capacity of high-quality mother yaks. This study provides data references for the synchronization and superovulation of Niangya yaks in Xizang.

Key words: Niangya yak; Simultaneous estrus; Triphasic hormone; Superovulation

牦牛是分布在我国青藏高原地区及其周围高山、亚高山地区的特有牛种^[1], 具有耐高寒、抗逆性强、肉质好等特点, 是高原地区人民生活必需品的主要来源之一^[2]。娘亚牦牛作为生活在平均海拔4 500 m西藏自治区那曲市嘉黎县的珍贵牦牛品种, 已成为中国国家地理标志产品之一^[3]。有研究指出, 娘亚牦牛净肉率能够达到43%以上; 且当年不怀孕母牦牛从第一个月挤奶至第二年配种后自然干奶为止, 挤奶时长可达18个月以上^[4], 对当地经济发展与民生改善具有重要的意义^[5]。然而, 有研究指出, 高海拔低氧环境会显著降低牦牛的繁殖效率^[6], 与其他家畜相比, 牦牛的繁殖力要低40%~60%^[7,8]。不仅如此, 娘亚牦牛作为单胎动物, 特别是处于高海拔地区, 其生长周期长, 且繁殖方式大多为自然交配, 使得其繁殖性能受到极大的阻碍。

为提高牦牛的繁殖能力, 同期发情技术、人工授精技术等被用于牦牛的生产实践中^[9]。同期发情处理常用的激素药物为戈那瑞林(GnRH)、氯前列烯醇(PG)、血促性素(PMSG)以及孕酮阴道栓等^[10]。已有报道, 使用PG、FSH均可使牦牛出现发情现象^[11]; 而孕酮栓+PG+PMSG等多个药物组合使用在促进母牛发情方面均取得良好的效果^[12-14], 但上述处理方法周期较长是其主要缺点。而三合激素作为含有多种生殖激素的药物, 已有大量关于其应用于同期发情的研究报道, 如猪^[15]、羊^[16]、牛^[17]等。不仅如此, 其使用周期短, 注射后很快就可达到发情的目的^[18], 且有报道称其能够增加家畜的受胎率^[19], 可作为提高母畜繁殖效率的一种有效药物。然而, 当前国内外研究中并未见使用三合激素作用于娘亚牦牛的报道。

除此之外, 超数排卵技术也是提高母牛繁殖力的有效手段之一, 是通过注射外源性激素作用于雌性动物的卵巢, 使动物在一个发情周期排出多个卵母细胞, 以满足胚胎移植、家畜繁育需求的技术。正常情况下, 单胎母畜在一个发情周期通常只有一个优势卵泡排除成熟卵母细胞, 然而研究证明, 母畜发情周期95%会出现2~3个卵泡波, 在无干预的情况下, 非优势卵泡会出现不同程度的闭锁和退化^[20], 因此超数排卵对提高母畜繁殖力具有重要意义。诱导超数排卵的方法有很多, 多种激素单独或者组合使用均可达到母畜超排的目的, 如: 血促性素(PMSG)、促卵泡激素(FSH)、促黄体生成素(LH)、人绒毛膜

促性腺激素 (HCG)、前列腺素 $F_{2\alpha}$ ($PG_{2\alpha}$) 等^[21]。目前, 国内外已有关于牛超数排卵的研究报道^[22-24], 同时在天祝白牦牛^[25]、当雄牦牛^[26]等牦牛上也有些许报道。而超数排卵技术对于高原地区娘亚牦牛是否可作为一种有效提高其繁殖力的措施还未见报道。

在我们的前期研究中, 孕酮栓+ PG + PMSG 处理娘亚牦牛发情效果最好。为研究三合激素是否可作为提高娘亚牦牛繁殖力的有效药物, 本试验将此两种方法同时应用于经产娘亚牦牛, 通过检测处理后发情率、人工授精后受胎率探究二者之间是否有差异。同时, 应用孕酮栓+ FSH + PG 的方法对娘亚牦牛进行超数排卵处理, 探索高原地区超数排卵对娘亚牦牛是否有效, 为推动娘亚牦牛良种繁育提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 主要试剂

氯前列烯醇注射液 (0.2 mg/mL)、注射用血促性素 (1 000 IU/瓶)、注射用垂体促卵泡激素 (100 IU/瓶)、促黄体素释放激素 A3 (25 μ g/支), 购自宁波第二激素厂; 牛用孕酮阴道栓, 购自宁波三生生物科技股份有限公司; 注射用三合激素 (2 mL/支), 购自上海全宇科技 (驻马店) 动物药业有限公司; 牛早孕检测试纸, 购自北京倍特双科技发展有限公司; 盐酸普鲁卡因 (0.2 mg/mL), 购自成都第一制药有限公司; 冲胚液、Holding 液, 购自兰诺生物技术无锡有限公司。双通冲胚管, 购自北京金日吉科贸有限公司; 恒温体视显微镜 (TL3000 Ergo), 购自徕卡仪器有限公司。

1.1.2 试验动物

选择 25 头健康、生长状态良好的经产娘亚牦牛母牦牛为同期发情处理对象, 10 头健康母牦牛为超数排卵实验对象, 平均年龄均为 6.6 岁, 均由西藏娘亚牦牛养殖产业发展有限责任公司提供。经检测后所有母牦牛均未受孕。

1.2 娘亚牦牛人工授精试验

1.2.1 娘亚牦牛同期发情处理

将 25 头经产娘亚牦牛母牦牛按照表 1 进行分组并进行同期发情处理。A 组放置孕酮栓时记为第 1 d, 第 8 d 肌注 4 mL PG + 500 IU PMSG 并撤栓, 最后一次处理后连续 3 d 对母牦牛进行发情观察; B 组为按照 1 mL/100 kg 肌注三合激素, 注射三合激素后连续对母牦牛进行发情观察。母牦牛出现鸣叫、离群、爬跨其他牦牛、外阴肿胀、分泌黏液、阴道黏膜潮红等现象可视为发情。发情率=发情牦牛数/处理组牦牛总数 $\times 100\%$ 。

表 1 娘亚牦牛同期发情处理方法

Tab.1 Ovulation synchronization techniques for Niangya yaks

| 组别 | 处理牦牛数/头 | 处理方式 | |
|----|---------|------------------|-----------------------------|
| | | 第 1 天 | 第 8 天 |
| A | 13 | 放置孕酮栓 | 4 mL PG + 500 IU PMSG, 撤孕酮栓 |
| B | 12 | 1 mL/100 kg 三合激素 | / |

1.2.2 娘亚牦牛人工授精

撤栓后,连续观察处理母牦牛发情状况。观察到发情后12 h内采用直肠把握法进行人工授精,第1次授精后间隔12 h进行第2次人工授精。

1.2.3 娘亚牦牛早孕检测

第1次人工授精后24 d,采集母牦牛血液,4 000 r/min离心10分钟。将血清滴入早孕检测试纸,静置15分钟,读取结果。早孕检测试纸上出现“C”和“T”各出现一条条带则为受孕,仅有“T”处有条带或两处均无条带则需重新检测,仅有“C”处有条带则为未受孕。

1.3 娘亚牦牛超数排卵试验

1.3.1 娘亚牦牛超数排卵处理

参照王立斌等^[25]的方法并稍作修改进行娘亚牦牛超数排卵研究。第1天放置牛用孕酮阴道栓,间隔5 d后采用早晚连续递减注射FSH的方法进行超数排卵,每次注射FSH间隔12 h,第8天注射FSH的同时肌注0.6 mg PG。具体处理如表2所示。撤栓后观察发情,按照1.2.2进行人工授精,并在第一次人工授精后肌肉注射一支A3。

表2 娘亚牦牛超数排卵方案

Tab.2 Superovulation Plan for Niangya yaks

| 时间 | 处理 |
|------|---|
| 第1天 | 放置孕酮栓 |
| 第6天 | 早:肌注FSH 2.3 mL;晚:肌注FSH 2 mL |
| 第7天 | 早:肌注FSH 1.7 mL;晚:肌注FSH 1.4 mL |
| 第8天 | 早:肌注FSH 1.1 mL,0.6 mg PG;晚:肌注FSH 0.8 mL,0.6 mg PG |
| 第9天 | 早:肌注FSH 0.5 mL;晚:肌注FSH 0.2 mL |
| 第10天 | 撤栓,观察发情 |

1.3.2 娘亚牦牛黄体检测及体内冲胚



图1 娘亚牦牛体内胚胎(40×)

Fig.1 Embryos in the Niangya yaks(40×)

第1次人工授精后间隔6 d,进行体内冲胚。冲胚前将母牦牛保定,利用直肠把握法,检查并记录牦牛卵巢上的黄体数。之后采用硬膜外麻醉方式注入1 mL盐酸普鲁卡因,将冲胚管伸入母牦牛阴道,缓慢移动至子宫角大弯处。待位置合适时,向气囊中注入15~20 mL空气。取30~40 mL 37℃预热的冲胚液,

从输入管缓慢注入，停留几秒后，吸出冲胚液。松开气囊，将冲胚管移入另一侧子宫角大弯处，进行冲胚。冲胚结束后，向母牦牛子宫内注入20~30 mL含5%~10%双抗的PBS，同时肌肉注射0.4 mg PG。冲胚液置于恒温体视显微镜下进行观察。

1.4 统计分析

使用SPSS 26.0软件对数据进行统计分析。对不同药物处理后的发情率、受胎率进行独立性卡方检验；对超数排卵后的平均黄体数、胚胎数以“平均值±标准差”表示。

2 结果

2.1 娘亚牦牛人工授精试验结果

2.1.1 娘亚牦牛同期发情结果

使用孕酮栓+PG+PMSG、三合激素对经产娘亚牦牛进行同期发情处理。处理结束后观察发现发情牦牛外阴出现肿胀，同时有黏液流出，观察者戴手套拨开母牦牛外阴可见其阴道黏膜潮红。发情牦牛统计结果如表3所示。A组撤栓后0~24 h发情母牦牛占比58.33%，24~48 h内发情牦牛头数为4头，占比33.34%，72 h内发情母牦牛总数为12头，总发情率为92.31%。B组注射三合激素后24~48 h有2头母牦牛发情，占比28.57%；48~72 h内有5头牦牛发情，占比71.43%；连续观察3 d，总发情母牦牛数为7头，总发情率为58.33%。与B组相比，A组发情处理周期虽长，但发情效果显著高于B组 ($P < 0.05$)，且发情集中于撤栓后的48 h。

表3 娘亚牦牛不同药物处理发情率统计

Tab.3 Statistics of estrus rate of Niangya yaks treated with different drugs

| 组别 | A | B |
|--------------|---------------------|---------------------|
| 处理方式 | 孕酮栓+PG+PMSG | 三合激素 |
| 0~24 h发情数/头 | 7/58.33% | 0 |
| 24~48 h发情数/头 | 4/33.34% | 2/28.57% |
| 48~72 h发情数/头 | 1/8.33% | 5/71.43% |
| 总发情率 | 92.31% ^a | 58.33% ^b |

注：同行之间肩标相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)，不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表4 人工授精统计结果

Tab.4 Statistical results of artificial insemination

| 组别 | 人工授精总数/头 | 检测受胎数/头 | 受胎率/% |
|----|----------|---------|--------------------|
| A | 12 | 7 | 58.33 ^a |
| B | 7 | 4 | 57.14 ^a |

注：同列之间肩标相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)，不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.1.2 娘亚牦牛人工授精结果

A组与B组发情母牦牛在第1次人工授精后24 d进行早孕检测。A组12头发情母牦牛人工授精后有7头牦牛早孕检测试纸检测结果为阳性，5头检测结果为阴性，该组受胎率为58.33%；B组7头发情母牦牛人工授精后有4头牦牛早孕检测试纸检测结果为阳性，3头为阴性，该组受胎率为57.14%。A组与B组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 娘亚牦牛超数排卵试验结果

试验母牦牛经连续递减注射FSH处理后撤栓观察发情，发情后采用“直肠触诊法”检测母牦牛卵巢卵泡的数量，具体结果如表5所示。采用孕酮栓+FSH的方法进行超数排卵，撤栓后10头母牦牛发情率为80%，通过直肠触诊检测到的母牦牛卵巢上的平均黄体数为 3.2 ± 1.32 个，将冲胚液置于体视显微镜下观察，发现超数排卵牦牛头均胚胎数为 0.75 ± 0.71 枚。

表5 娘亚牦牛超数排卵处理结果统计

Tab.4 Statistical results of superovulation treatment for Niangya yaks

| 发情数/头 | 发情率 | 平均黄体数/个 | 头均胚胎数/枚 |
|-------|-----|----------------|-----------------|
| 8 | 80% | 3.2 ± 1.32 | 0.75 ± 0.71 |

3 讨论

3.1 关于娘亚牦牛人工授精试验

同期发情技术作为缩短母牦牛繁殖间距，提高母牦牛繁殖性能的优秀技术，在集中管理母畜发情、授精、分娩等方面展现出显著优势^[27]。有研究报道，九龙牦牛使用孕酮栓+PG+PMSG的方法进行同期发情，其发情率可达到100%，受胎率可达到69.1%^[28]；青海牦牛采用该方法进行同期发情效果同样达到100%，受胎率64.71%，对于青海经产大通牦牛使用该方法进行发情处理，不同季节发情效率也可达到82.5%~94%^[12,29]。本研究中，采用孕酮栓+PG+PMSG的方法对娘亚牦牛进行同期发情处理，发情率可达到92.31%，受胎率为58.33%，与上述研究报道有差距，其原因可能是娘亚牦牛所处海拔远高于青海牦牛和九龙牦牛，而高海拔低氧原因又是牦牛繁殖能力的主要影响因素之一。

三合激素作为含有丙酸睾酮、孕酮和苯甲酸雌二醇三种激素的复合药物，已有大量研究说明其能够利用于动物的快速发情。三合激素作用于不同品种母畜时，引起的发情效率也不相同。潘丽贞等^[30]将三合激素应用于牦牛，发现不同剂量注射三合激素其发情率也不同，当剂量为0.02 mL/kg时，发情率达到70%。本试验一次注射三合激素后娘亚牦牛发情率为58.33%，低于上述研究报道，该原因可能是三合激素作用于母畜，虽能够促进母畜发情，但其最多的效果是促进母畜排卵，增加受胎能力，且由于娘亚牦牛生存海拔较高，发情过程受到低氧、高寒等多个因素影响，从而使得三合激素对娘亚牦牛发情效果不明显。

本研究使用三合激素发情率58.33%显著低于孕酮栓+PG+PMSG发情率92.31% ($P < 0.05$)，而受胎率57.14%与58.33%之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。在青海牦牛发情研究中使用三合激素的发情效率也远低于孕酮栓+PG+PMSG的发情效率，而三合激素发情后的受胎率也远低于孕酮栓+PG+PMSG^[12,30]，与本研究结果基本一致。这些均提示，三合激素虽可快速引起母畜发情，但仍可能导致一定的经济损失。不仅如此，已有研究报道三合激素中的孕酮可能会导致母畜出现卵巢囊肿、卵巢过度发育现象^[19,31]。因此，在进行娘亚牦牛同期发情、人工授精时，综合考虑牦牛发情效率、受胎率及牦牛健康隐患问题等，使用孕酮栓+PG+PMSG方法更为明智。

3.2 关于娘亚牦牛超数排卵试验

超数排卵技术作为提高母畜繁殖力的另一种有效措施，应用于母畜繁殖中，能够获得大量的遗传素

质高的胚胎，极大程度上加快优良母畜个体扩繁和育种。有研究报道称，FSH超排处理供体效果较其他激素效果更加稳定，且FSH在超数排卵及胚胎移植生产实践中的使用率更高^[32]；不仅如此已有大量使用FSH对母畜进行超数排卵的报道^[33-36]。因此，为探索超数排卵是否可用于娘亚牦牛良种扩繁，本研究参照天祝白牦牛超数排卵方法，使用孕酮栓+FSH+PG方法对娘亚牦牛进行超数排卵。

有研究表明，孕酮栓+FSH+PG超排方法作用于辽宁绒山羊其供体发情率为83.33%^[37]，作用于阿旺绵羊发情率可达到100%，且该方法处理和牛可达到85.4%的发情率^[36,38]。本研究中娘亚牦牛超数排卵发情率为80%，与上述研究有一定差异，一方面可能是娘亚牦牛较辽宁绒山羊、阿旺绵羊来说体型较大，且物种不同；另一方面可能是娘亚牦牛属于长期放牧牛种，生存海拔较和牛恶劣，从而导致该方法超排具有不同的发情效率。除此之外，有研究发现孕酮栓+FSH+PG超排方法应用于青海牦牛平均黄体数可达到6个以上^[39]，应用于当雄牦牛时，也可检测到大量的卵泡，获得大量成熟卵母细胞，头均胚胎数0.5枚^[40]。而本研究中使用该方法检测到的平均黄体数仅为 3.2 ± 1.32 个，远低于上述研究；头均胚胎数为 0.75 ± 0.71 枚，较当雄牦牛高。究其原因，除娘亚牦牛生存海拔较高之外，其所处的繁殖生理状态及营养状态也可能是造成娘亚牦牛超排黄体数低的原因，这一点在当雄牦牛中已有体现^[41]；同时，牦牛生殖结构之间的差异可能是获得胚胎数不同的原因之一。

4 结论

本研究通过将三合激素与孕酮栓+PG+PMSG两种方法应用于娘亚牦牛同期发情处理，发现三合激素发情效率显著低于孕酮栓+PG+PMSG，而受胎率之间无显著差异，说明娘亚牦牛人工授精时采用孕酮栓+PG+PMSG进行同期发情处理依旧是最优选择。孕酮栓+FSH+PG的超数排卵试验说明该方法应用于娘亚牦牛可作为一种提高优良母畜繁殖能力的有效措施。

参考文献：

- [1] 管林森. 中国牛种遗传多样性及分子细胞工程育种研究[M]. 1版. 西北农林科技大学出版社, 2014.
- [2] 张成福. 西藏牦牛超数排卵技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [3] 王可, 祝超智, 赵改名, 等. 中国牦牛的品种与分布[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(10): 168-171.
- [4] 戚震坤. 嘉黎牦牛调查[J]. 中国牦牛, 1982(3): 51-56.
- [5] Wang Y, Liu Y, Cao T, et al. Quantitative proteomics analysis reveals the key proteins related to semen quality in Niangya yaks [J]. *Proteome Science*, 2023, 21(1): 20.
- [6] Ma J, Shah AM, Wang Z, et al. Comparing the gastrointestinal barrier function between growth-retarded and normal yaks on the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *PeerJ*, 2020, 8: e9851.
- [7] Zhang R, Chen Y, Bao P, et al. Proteomic analysis of high and low-motility frozen-thawed spermatozoa in yak provides important insights into the molecular mechanisms underlying sperm cryodamage [J]. *Theriogenology*, 2023, 211: 182-190.
- [8] Sarkar M, Prakash BS. Circadian variations in plasma concentrations of melatonin and prolactin during breeding and non-breeding seasons in yak (*Poephagus grunniens* L.) [J]. *Animal Reproduction Science*, 2005, 90(1-2): 149-162.
- [9] 南国雄, 王国文, 彭巍, 等. 牦牛繁殖调控技术研究进展 [J]. 中国草食动物科学, 2023, 43(4): 51-53.
- [10] Rathbone MJ, Macmillan KL, Jöchle W, et al. Controlled-release products for the control of the estrus cycle in cattle, sheep, goats, deer, pigs, and horses [J]. *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 1998, 15(4): 285-379.
- [11] 李福寿, 仁青加, 颜庭胜, 等. 青海省天峻县牦牛同期发情及早期妊娠诊断 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(22): 7437-7438.

- [12] 赵寿保,字向东,李青云,等.不同激素组合对牦牛同期发情效果的观察[J].四川畜牧兽医,2022,49(2):25-26.
- [13] 蒲敬伟,袁立岗,柳炜.新疆牦牛同期发情人工授精试验效果观测[J].新疆畜牧业,2020,35(5):22-23.
- [14] 王文飙,马登录,马桂琳,等.两组同期发情方案及定时输精技术提高牦牛受胎率效果观察[J].中国牛业科学,2024,50(3):41-43.
- [15] 汪溪念,徐辉,俞国乔,等.三合激素注射液对母猪催情效果的临床试验[J].浙江畜牧兽医,2003(1):3-4.
- [16] 丛永博,曹育明.三合激素诱导母羊同期发情试验[J].畜禽业,2004(5):59.
- [17] 文燕,李东曲.三合激素诱导黄牛发情效果[J].中国牛业科学,2007(4):27-28.
- [18] 苏宝明,常桂梅,宋广东.应用孕马血清配合三合激素促使母猪同期发情[J].黑龙江动物繁殖,2006(1):33.
- [19] 黄增珍,杨友林,陈明生,等.注射三合激素提高母牛受胎率[J].中国畜牧兽医文摘,2015,31(6):209.
- [20] Forde N, Beltman ME, Lonergan P, et al. Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle[J]. *Animal Reproduction Science*, 2011, 124(3-4): 163-169.
- [21] Bó GA, Mapletoft RJ. Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle[J]. *Theriogenology*, 2014, 81(1): 38-48.
- [22] 赵善江,隋鹤鸣,郝海生,等.澳洲和牛超数排卵与体内胚胎生产的影响因素研究[J].畜牧兽医学报,2021,52(2):420-428.
- [23] Hirayama H, Naito A, Fujii T, et al. Effects of genetic background on responses to superovulation in Japanese Black cattle[J]. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 2019, 81(3): 373-378.
- [24] 韩利东,郑重,王申元,等.体细胞克隆和牛超数排卵影响因素的研究[J].中国牛业科学,2018,44(6):1-5.
- [25] 王立斌,徐庚全,樊江峰,等.不同超数排卵方法对天祝白牦牛超排效果的影响[J].中国畜牧兽医,2012,39(4):143-147.
- [26] 张成福.西藏牦牛超数排卵技术研究[J].草业与畜牧,2013(5):33-37,53.
- [27] 周凡莉,刘晓霞,何小强,等.牦牛同期发情技术研究[J].农业与技术,2021,41(13):144-147.
- [28] 李春生.早期断奶大通牦牛同期发情的研究[J].畜牧与兽医,2013,45(12):66-67.
- [29] 吉春花,李国良.同期发情技术在牦牛繁殖中的应用[J].畜牧兽医科学(电子版),2021(1):28-29.
- [30] 潘丽贞,颜寿东.应用"三合激素"诱导牦母牛发情试验[J].青海畜牧兽医杂志,2001(3):23.
- [31] 花卫华,徐志伟,刘泉.3种处理方法对波杂山羊的同期发情效果研究[J].安徽农业科学,2011,39(17):10451-10453.
- [32] 赵振阳,许晓玲,白佳桦,等.牛超数排卵技术研究进展[J].中国畜禽种业,2023,19(6):52-57.
- [33] 李涛,王幸栓,虞莲,等.FSH来源及其剂量对西藏阿旺绵羊超数排卵效果的比较[J].农业生物技术学报,2023,31(9): 1890-1898.
- [34] 乔海生,Agung Budiyo,铃木达行.CIDR结合GnRH在牛超数排卵中的应用[J].畜牧与兽医,2005(7):26-27.
- [35] 鲁立刚,王二耀,施巧婷,等.和牛超数排卵及胚胎移植效果观察[J].中国牛业科学,2022,48(4):6-10.
- [36] 隋鹤鸣.优质和牛超数排卵和胚胎移植技术的研究与应用[D].长春:吉林大学,2018.
- [37] 韩迪,豆兴堂,侯健,等.供体超数排卵和受体同期发情方法对秋季老龄辽宁绒山羊胚胎移植效果的影响[J].现代畜牧兽医,2024(5):13-18.
- [38] 李涛,王幸栓,虞莲,等.FSH来源及其剂量对西藏阿旺绵羊超数排卵效果的比较[J].农业生物技术学报,2023,31(9): 1890-1898.
- [39] 青梅卓尕.青藏高原牦牛超数排卵试验分析[J].吉林畜牧兽医,2020,41(10):9,11.
- [40] 姬秋梅,贾银海,苏雷,等.不同处理对西藏牦牛超数排卵的影响研究[J].草业与畜牧,2011(1):10-12.
- [41] 姬秋梅,达娃央拉,马晓宁,等.西藏当雄牦牛超数排卵及胚胎移植试验[J].中国畜牧兽医,2007(9):133-135.