

朱雪丹, 李伟, 吴春山, 等. 烯丙孕素在种猪繁殖中的应用研究进展 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (8): 140-145.

ZHU X D, LI W, WU C S, et al. Advances in applied research on altrenogest for swine reproduction [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (8): 140-145.

烯丙孕素在种猪繁殖中的应用研究进展

朱雪丹^{1,2}, 李伟¹, 吴春山¹, 兰志伟¹, 岑桂英^{1*}, 张守全^{2*}

(1. 宁波第二激素厂, 浙江 宁波 315300;

2. 华南农业大学动物科学学院/猪与家禽养殖业国家重点实验室/国家生猪种业工程技术研究中心/

广东省农业动物基因组学与分子育种重点实验室, 广东 广州 510642)

摘要: 烯丙孕素是一种孕激素合成类似物, 通过与孕激素受体结合负反馈调节下丘脑-垂体-性腺轴, 从而抑制垂体促卵泡素 (FSH) 和促黄体素 (LH) 的分泌, 起到抑制卵泡生长发育的作用, 目前已广泛用于母猪的同期发情管理。烯丙孕素在促进着床前囊胚发育、延迟分娩等方面也发挥作用, 并参与机体的免疫调节。此外, 短期饲喂烯丙孕素还可以通过抑制 LH 来阻止雄性性腺的发育和睾丸的生精功能。本综述以猪为例, 总结了近年来国内外关于烯丙孕素在畜牧生产中同期发情、预防早产、促进早期胚胎发育方面的研究进展, 并针对当前烯丙孕素内服溶液的应用局限性, 概述了近几年烯丙孕素剂型的最新开发进展, 旨在推动畜牧业实现更好更快速度地高质量发展。

关键词: 烯丙孕素; 同期发情; 预防早产; 早期胚胎发育; 烯丙孕素新剂型

中图分类号: S828 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)08-0140-06

Advances in applied research on altrenogest for swine reproduction

ZHU Xuedan^{1,2}, LI Wei¹, WU Chunshan¹, LANG Zhiwei¹, CEN Guiying^{1*}, ZHANG Shouquan^{2*}

(1. Ningbo Second Hormone Factory, Ningbo 315300, China;

2. College of Animal Science of South China Agricultural University/State Key Laboratory of Swine and Poultry Breeding Industry/National Engineering Research Center for Breeding Swine Industry/Guangdong Province Key Laboratory of Agro-animal Genomics and Molecular Breeding, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Altrenogest, a type of progesterone analogs, exerts its effects by binding to progesterone receptors and exerting negative feedback on the hypothalamus-pituitary-gonadal axis. This ultimately leads to the inhibition of follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH) secretion from the pituitary gland. Altrenogest is widely used in managing concurrent estrus in sows as it effectively suppresses follicle growth and development. Altrenogest progesterone is now widely used for concurrent estrus management in sows. Additionally, Altrenogest can also inhibit gonadal development and testicular spermatogenic function through its impact on LH. The administration of altrenogest can also enhance the development of preimplantation blastocysts, prolong gestation, and participate in immune regulation. Using pigs as a model, this review provides an overview of the recent advancements in domestic and international research on altrenogest in livestock production. These advancements include its application in synchronizing estrus, preventing premature delivery, and enhancing early embryonic development. Considering the limitations of current oral solutions of altrenogest in livestock development, we also provide a comprehensive review of the latest advancements in altrenogest preparation, aiming to facilitate rapid and high-quality progress in animal husbandry.

Keywords: altrenogest; estrus synchronization; preterm birth prevention; early embryonic development; novel altrenogest formulation

烯丙孕素 (altrenogest) 是 C19-去甲睾酮的衍生物, 含有 4 个碳碳双键, 化学名为 17 α -丙烯基-17-羟基雌甾-4, 9, 11-三烯-3-酮, 也叫四烯雌酮^[1]。烯丙孕素主要用于母猪的同期发情, 其代谢主要经过

肝脏和肾脏。在猪体内, 推荐剂量的烯丙孕素单次给药的消除半衰期约为 7~8 h, 18 d 重复给药的半衰期约为 9~10 h^[2]。烯丙孕素和类固醇激素一样, 能够直接穿过细胞膜的磷脂双分子层与胞质中孕酮受体结合, 然后转移到细胞核内发挥调控作用, 抑制下丘脑促性腺激素释放激素 (gonadotropin-releasing hormone, GnRH) 的脉冲释放, 从而抑制垂体促卵泡素 (follicle-stimulating hormone, FSH) 和促黄体素 (luteinizing hormone, LH) 的合成和分泌, 在卵泡生

收稿日期: 2024-05-13; 修回日期: 2025-06-18

第一作者: 朱雪丹, 女, 硕士

* 通信作者: 张守全, 博士, 教授, 研究方向为动物遗传育种与繁殖, E-mail: sqzhang@scau.edu.cn; 岑桂英, 高级经济师, 从事生殖激素兽药研究, E-mail: 473263604@163.com。

长、发育、排卵等方面起到抑制作用。烯丙孕素作为一种外源性孕激素,不仅可用于同期发情^[3],还可以补充黄体功能以促进胚胎的早期发育^[4],预防早产^[5]。此外,它还可以通过干扰机体炎症因子分泌来调节免疫应答^[6]。本综述主要以猪为例综述烯丙孕素及孕酮在上述繁殖活动中的调节作用,以期为烯丙孕素在畜牧生产中的运用提供技术参考!

1 烯丙孕素诱导母猪同期发情

近年来,在非洲猪瘟的持续影响下,我国养猪业面临前所未有的挑战。为求生存,养猪业的升级和变革成为必然趋势。同期发情是依据猪群规模的大小将猪群分成不同批次,再利用外源性激素,如烯丙孕素,前列腺素 F2 α (prostaglandin F2 α , PGF2 α),孕马血清促性腺激素 (pregnant mare serum gonadotropin, PMSG),人绒毛膜促性腺激素 (human chorionic gonadotropin, hCG), GnRH、FSH 等来调控母猪的生殖生理活动,以实现母猪性周期同步。母猪常年均可发情,其发情周期由黄体期 (16~18 d) 和卵泡期 (3~6 d) 交替进行。在黄体期,黄体分泌孕酮,抑制 GnRH/LH 的脉冲释放,卵泡发育停止。发情周期 12 d 以后,黄体获得了被溶解的能力,子宫产生的 PGF2 α 溶解黄体,导致孕酮来源受限, GnRH 的抑制作用得以解除,此时,下丘脑-垂体-性腺轴被激活,母猪进入卵泡期,大量合成并释放雌二醇 (E2)、FSH、LH,卵泡逐渐发育至成熟并破裂排卵,妊娠或进入下一个繁殖周期。

值得注意的是,对于哺乳母猪,哺乳期间高水平的促乳素 (prolactin, PRL) 也能够抑制下丘脑 GnRH 的释放。在统一断奶后, PRL 水平迅速降低,抑制作用被解除,促使下丘脑节律性释放 GnRH,断奶母猪得以同步发情和排卵。此外,母猪的批次化管理技术,需要根据不同的繁殖阶段来采取相应的管理模式。以下内容将分别阐述烯丙孕素在后备、断奶母猪中的具体应用。

1.1 烯丙孕素诱导后备母猪同期发情

初情期后,母猪达性成熟 (6~8 月龄),具备了正常的繁殖能力,但尚未完全成熟,也不适宜配种。通常,第 3 个情期是最佳的配种时间节点^[7]。烯丙孕素诱导初情期前的后备母猪同期发情,

很容易引发卵泡囊肿,并且其配种率、受胎率显著低于有初情期母猪^[8-9]。据不完全统计,约有 26.45% 的母猪在 180 日龄以后才进入初情期^[10]。因此,提前诱导母猪初情期直接关系到猪场的经济效益。研究表明,6.5 月龄母猪用类卵泡刺激素和人绒毛膜促性腺激素诱导母猪提前出现初情期,可以有效

提高母猪繁殖性能和利用率^[11]。

王礼伟等^[12]探讨了不同剂量 (10~25 mg/d) 烯丙孕素连续饲喂 18 d 对后备母猪同期发情的效果。研究结果显示,当以 20 mg/d/头的剂量口服时,母猪停喂后 7 d 内发情率 (70.37%)、受胎率 (100%) 以及分娩率 (100%) 均达最高水平^[12]。最近的研究还发现,烯丙孕素诱导同期发情可以促进子宫腺体的发育,增加子宫内膜总面积,提高受胎率,影响囊胚在整个子宫中的附植位置,而不会对胚胎的数量和早期胚胎的发育产生负面影响^[13]。因此,建议畜牧从业者从母猪 6.5 月龄时借助 PG600 或同发素,或 FSH/hCG 等来诱导或提前后备母猪的初情期,随后以 20 mg/d/头的烯丙孕素剂量饲喂后备母猪,以提高母猪在集约化管理中的繁殖效益。

1.2 烯丙孕素诱导断奶母猪同期发情

哺乳期间初产母猪容易因体蛋白和体脂的过度动员,影响断奶后卵泡和卵母细胞的生长、发育、成熟与排卵,导致断奶后繁殖性能下降 (二胎综合征)^[14]。当体重下降超过 10%~12% 时,尤其是对于偏瘦的初产母猪,会严重影响其断奶后的生殖性能^[14-16]。据统计,初产母猪断奶 7 d 内仅有约 60% 能够正常发情并被配种,且受胎率偏低^[17],未配种的母猪需要轮入下一个批次。这将不可避免地增加母猪的养殖成本。断奶前后有选择地短期饲喂烯丙孕素,能为母猪恢复体脂和体蛋白争取时间。偏瘦型初产母猪断奶前后连续 9 d 短期抑制发情,期间进行优饲,能有效恢复膘情^[17]。研究表明,偏瘦型猪群从断奶前 1 d 开始连续 9 d 饲喂 20 mg/头/d 的烯丙孕素,能显著提高 27.9 个百分点的发情集中度^[18]。

另一方面,泌乳期间,高水平 PRL 不能完全抑制住卵泡的生长。Lopes 等^[19]通过对整个哺乳期间卵泡的生长状态评估,发现断奶时母猪卵泡大小的差异可能是在哺乳早期形成的,并且这种差异会一直存在。而异源卵泡的存在将会严重影响排卵率和受胎率^[20-21]。研究表明,经产母猪断奶前 4 d 开始连续 7 d 口服 20~40 mg 烯丙孕素能够改善黄体末期卵泡的均一性,促进整个卵泡期卵泡的生长发育,增加排卵前卵泡大小^[22-23]。

综上,断奶后有依据猪群的实际确定是否需要短期饲喂烯丙孕素,尤其是对于哺乳期间体脂消耗过度的母猪和断奶后发情时间不统一的母猪。

2 烯丙孕素预防早产

母猪妊娠期一般为 110~120 d 不等,超出 10% 的母猪会在 113 d 之前分娩^[24]。生产上,常用 PGF2 α 类似物 (氯前列醇钠) 诱导平均预产期后未

分娩的母猪同步分娩,而无法统一 114 d 以前母猪的产期。预防早产可以提高新生仔猪的存活率和活力,与妊娠 114~117 d 分娩的母猪相比,妊娠不足 114 d 分娩的母猪其死产率更高^[25]。为此,有必要综合考虑所有母猪的分娩时间,实现既能预防早产,又能实现同期分娩的目标。

烯丙孕素能有效预防早产。在畜牧生产上,联合应用烯丙孕素和氯前列醇钠不仅能诱导同期分娩,提高分娩的整齐度,还能避免早产。经产母猪妊娠 107~113 d 连续 7 d 口服烯丙孕素,停药 24 h 后间隔 6 h 肌注 2 次 185 μg 的氯前列醇钠,83% 的母猪在首次肌注氯前列醇钠后 24 h 内分娩,所有母猪均可在首次肌注氯前列醇钠后 48 h 内分娩^[5]。这高度统一了分娩时间,增加了仔猪护理的整齐度,但也不可避免地带来了一些消极影响,如死产率增加、母猪初乳产量降低、仔猪初乳摄入量减少等^[5]。将饲喂烯丙孕素时间调整为妊娠 109~112 d 后发现,还是不能改善死产率和初乳产量,这一处理甚至还有降低初乳中免疫球蛋白 IgG 含量的趋势^[26]。Lino 等^[27]也发现了同样的问题,母猪在妊娠 110~114 d 口服烯丙孕素会增加死产率和降低初乳产量。烯丙孕素预防早产可能与妊娠末期较高水平孕酮有关,妊娠末期高水平孕酮人为延长了产程,而产程延长已经报道会抑制泌乳^[26-28]。综上,烯丙孕素在预防早产方面具有一定效果,但同时也会增加死产率和降低初乳产量。因此,在使用烯丙孕素预防早产时需要权衡利弊并慎重考虑。

3 烯丙孕素及孕酮类似物促进早期胚胎发育

母猪配种后,受孕母猪经历 9~11 d 进入囊胚附植前的准备阶段,12~14 d 为附植阶段,15~19 d 为附植后阶段,20~25 d 为胎盘发育阶段,并最终完成着床^[29]。据统计,在着床期间约有 20%~30% 的胚胎丢失^[30]。孕酮在妊娠建立过程中扮演着至关重要的角色。当子宫过早暴露于高浓度孕酮环境下时,可能会对猪早期囊胚的发育、着床及胎盘的形成功能产生不利影响。根据相关研究,配种后 6 d 内持续补充外源性孕酮,会降低母猪受精率、妊娠率、胚胎的存活率及产仔数^[31-32]。这可能与部分囊胚无法适应孕酮引起的输卵管和子宫的微环境变化有关,从而导致了胚胎存活率和产仔数下降^[33-34]。

配种第 6 天可作为补充孕酮的临界点^[35]。在配种后的 6~12 d 内,口服 20 mg/头/d 的烯丙孕素能促进子宫内膜血管生成与腺上皮增生;这一处理也能显著增加胚胎的大小和重量,但不会影响受胎率和胚胎存活率^[35-36]。最新的研究表明,子宫腺体及其分泌

物对囊胚的存活、附植、蜕膜化以及妊娠的建立和早期胚胎的发育至关重要^[37]。配种后 6~12 d 补充孕酮还可以促进胚胎白介素 1 β (interleukin-1 β , IL1B) 的表达,IL1B 是滋养层细胞延伸的必需因子,也参与调控子宫内膜微环境^[38]。Muro 等^[39]在生产实践中还发现,与对照组相比,经产母猪妊娠第 6~12 d 补充烯丙孕素能显著降低死产率,提高产仔数与活产数,并增加胎盘重与初生仔猪重。因此,在配种后 6~12 d 内,短期饲喂烯丙孕素以补充孕酮可以显著促进经产母猪早期胚胎的发育,有效改善经产母猪的繁殖性能。配种后烯丙孕素短期饲喂也能促进后备母猪子宫腺体发育,然而,这似乎并不能改善后备母猪胚胎的存活率,甚至可能对其妊娠 28 d 的胚胎发育产生负面影响^[35]。推测这可能与每个黄体的孕酮水平 (progesterone per corpora luteum, P4/CL) 有关,因为后备母猪 P4/CL 显著高于经产母猪。因此,后备母猪通过补充和经产母猪同剂量的外源性孕酮很容易进一步增高 P4/CL 水平,加剧胚胎死亡。研究也发现,后备母猪在配种后 6~12 d 内,短期饲喂 20 mg/d 的烯丙孕素,并不会对其子宫内膜中着床关键基因 (VEGF、IGF-1) 的表达产生影响,然而,这种饲喂方式却能刺激经产母猪子宫内膜中血管功能关键基因表达,并能增加子宫腔中总蛋白含量^[40-41]。

综上,母猪配种后 6~12 d 每日饲喂 20 mg 烯丙孕素能有效促进其早期胚胎存活与胚胎发育,而对于后备母猪来说,可能需要降低每日口服剂量来改善胚胎的发育。

4 烯丙孕素调节炎症因子

孕激素通过调节 T 细胞免疫应答参与囊胚附植,降低子宫对胚胎的排斥反应,提高子宫容受性^[42]。另一方面,作为亲脂性孕激素,孕酮能直接穿过细胞膜的磷脂双分子层,在细胞质中与孕酮受体结合进入细胞核调控细胞转录,抑制丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinases, MAPK), Toll 样受体 4 (Toll-like receptor 4, TLR4) /核因子- κB (nuclear factor- κB , NF- κB) 信号通路活性,降低通路下游白介素-1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)、白介素-6 (interleukin-6, IL-6), 白介素-8 (interleukin-8, IL-8), 肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 等炎症因子的表达和释放,从而缓解大肠杆菌引起的子宫内膜炎^[43]。尽管烯丙孕素是孕酮类似物,但其在免疫调控方面具有一定差异^[6]。Gonzalez-Ramiro 等^[44]的研究指出,烯丙孕素可能会增加子宫感染的风险。因此,推测烯丙孕素诱导同期发情时可能与母猪子宫流脓存在一定的

关系。

5 烯丙孕素新剂型研发

1966年3月, ROUSSEL-UCLAF公司向法国工业产权局申请烯丙孕素的专利, 随后 Hoechst Roussel Vet 推出商业化产品 REGU-MATE (内服溶液)。1990年6月, 烯丙孕素兽药产品获得 FDA 批准, 在美国上市销售。1999年12月, 烯丙孕素原研厂家 Hoechst Roussel Vet 被英特威并购。2018年, 烯丙孕素内服溶液获得农业农村部批准, 在国内正式上市销售。目前, 烯丙孕素内服溶液已在全世界广泛应用。国内专利 CN112587490A 和 CN109260208B 分别公开了烯丙孕素内服溶液的制备方法, 均获授权^[45-46]。

尽管烯丙孕素广泛运用于畜牧业, 但随着该行业的蓬勃发展, 油状制剂存在的一些弊端逐渐凸显, 如对气温敏感、适口性较差、共用饲喂枪头易致疾病传染、易氧化及运输和饲喂管理不便等。2020年底, 专利 CN112587490B 首次公开并授权了一种制备烯丙孕素片剂的方法, 并成功制备出与内服溶液在生物利用度和临床效果上高度一致的片剂剂型^[47]。2023年底, 宁波第二激素厂研发的烯丙孕素片获国家新兽药证书, 这是国际首创。烯丙孕素片剂添加了甜味剂、酸味剂、香精等物质, 有效掩盖了烯丙孕素本身的异味, 改善了母猪适口性^[47]。这种剂型上的改进降低了运输和贮藏成本, 确保母猪摄入足量, 并避免共用饲喂枪头易致疾病传播的问题, 为母猪批次化生产技术的应用提供了一定的生物安全保障。但同时, 烯丙孕素片剂需要连续人工饲喂 18 d, 在操作上也比较烦琐, 如果能开发出烯丙孕素缓释剂, 实现“一次给药, 18 d 后母猪同步发情”的效果, 将能解放劳动力, 促进生猪产业飞速发展。

国外兽药公司目前已有多种可注射烯丙孕素缓释剂在售, 如 Readyserve[®]等。相关研究表明, Readyserve[®]以 0.3 mg/kg 剂量单次肌注, 在给药后 5~7 d 内, 该药物可安全有效地抑制 75%~92% 的母马发情, 并且能使机体内烯丙孕素浓度长达 148 h (6.2 d) 维持在 0.5 ng/mL 以上^[28]。BETPHARM 公司研发在售的烯丙孕素原位温敏凝胶缓释注射液, 用于持续抑制母畜发情和赛马的行为矫正等, 其效果可达 30 d。温敏凝胶在常温下呈溶胶, 注射后在用药部位体温的刺激下迅速转化为半固体状, 形成一个药物储库, 缓慢释放, 起到缓释的效果。2021年, 中国专利 CN113350275B 公开了一种制备具有良好缓释性及稳定性的烯丙孕素注射液的方法, 该方法通过将烯丙孕素与二甲基亚砜和蔗糖乙酸酯异丁酸酯混合而得, 并于 2022 年获得授权^[48]。Yang 等^[49]初步建立

了快速膜乳化烯丙孕素/聚乳酸-羟基乙酸共聚物 (PLGA) 微球的制备工艺, 并证明了烯丙孕素 PLGA 微球的体外释药曲线符合一级动力学方程, 可持续释放至第 10 天。然而, 仍需进一步探索优化 PLGA 微球的载药量和包封率等的工艺过程。但目前仍未有长效缓释烯丙孕素针剂成功用于母猪批次化生产的相关研究报道。尽管烯丙孕素片克服了传统内服溶液的众多弊端, 但当下其温敏凝胶缓释技术的长效烯丙孕素针剂仍待开发。

6 总结

烯丙孕素作为一种人工合成的孕激素类似物, 在畜牧生产领域运用广泛, 能有效调控母猪发情周期, 也能促进着床前早期囊胚的发育。同时烯丙孕素也可用于预防早产, 但会抑制泌乳力和增加死产率, 因此用于预防早产要慎重考虑。此外, 烯丙孕素可能还参与子宫炎症反应。随着我国养猪业在各种疫情压力下的发展与转型, 烯丙孕素内服溶液和片剂已很难满足日益增长的市场需求, 未来其温敏凝胶缓释技术的长效烯丙孕素注射液仍待开发。

参考文献:

- [1] MACHNIK M, HEGGER I, KIETZMANN M, et al. Pharmacokinetics of altrenogest in horses [J]. *J Vet Pharmacol Ther*, 2007, 30 (1): 86-90.
- [2] XIAO H, SUN P, SUN F, et al. Pharmacokinetics of altrenogest in gilts [J]. *J Vet Pharmacol Ther*, 2019, 42 (6): 660-664.
- [3] 赵思友. 烯丙孕素对断奶母猪发情调控及产仔性能的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- [4] BAEK S Y, SA S J, JEONG Y D, et al. Altrenogest affects expression of galectin-3 and fibroblast growth factor 9 in the reproductive tract of sows [J]. *Anim Biotechnol*, 2021, 32 (5): 537-543.
- [5] TAECHAMAETEEKUL P, DUMNIEM N, SANG-GASSANEE K, et al. Control of parturition in hyperprolific sows by using altrenogest and double administrations of PGF₂ α [J]. *Theriogenology*, 2022, 181: 24-33.
- [6] FEDORKA C E, BALL B A, WALKER O F, et al. Alteration of the mare's immune system by the synthetic progestin, altrenogest [J]. *Am J Reprod Immunol*, 2019, 82 (2): e13145.
- [7] COTTNEY P D, MAGOWAN E, BALL M E E, et al. Effect of Oestrus number of nulliparous sows at first service on first litter and lifetime performance [J]. *Livest Sci*, 2012, 146 (1): 5-12.
- [8] ZIECIK A J, KLOS J, PRZYGRÓDZKA E, et al. Aberrant effects of altrenogest and exposure to exogenous gonadotropins on follicular cysts appearance in gilts [J]. *Theriogenology*, 2017, 89: 250-254.
- [9] 魏莉莉. 定时输精程序对后备母猪发情、配种效果及影响机制研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- [10] PATTERSON J L, BELTRANENA E, FOXCROFT G R. The effect of gilt age at first estrus and breeding on third estrus on sow body

- weight changes and long-term reproductive performance [J]. *J Anim Sci*, 2010, 88 (7): 2500-2513.
- [11] 陈燕珊, 凌宝明, 邓素军, 等. 类卵泡刺激素和人绒毛膜促性腺激素对后备母猪诱情效果及繁殖性能的影响 [J]. *养猪*, 2015 (2): 33-35.
- [12] 王礼伟, 刘颖, 李鹏, 等. 不同剂量烯丙孕素对后备母猪同期化发情、体质量及繁殖性能的影响 [J]. *中国兽医学报*, 2021, 41 (1): 157-161.
- [13] RAVAGNANI G M, MARTINEZ C H, CARNEVALE R F, et al. Effects of oestrous synchronization with altrenogest in gilts on endometrial and embryonic characteristics [J]. *Animal*, 2020, 14 (9): 1899-1905.
- [14] COSTERMANS N, TEERDS K J, KEMP B, et al. Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence unaffected by lactational body condition loss [J]. *Mol Reprod Dev*, 2023, 90 (7): 491-502.
- [15] THAKER M Y C, BILKEI G. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows [J]. *Anim Reprod Sci*, 2005, 88: 309-318.
- [16] GUO J Y, SUN Y, DEDECKER A E, et al. Effect of suckling intensity of primiparous sows on production performance during current and subsequent parities [J]. *J Anim Sci*, 2019, 97 (12): 4845-4854.
- [17] 徐桢. 初产母猪精准定时输精技术的研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2020.
- [18] 戴江河, 张军, 王秀锦, 等. 烯丙孕素对初产断奶母猪发情影响的试验 [J]. *猪业科学*, 2022, 39 (2): 112-113.
- [19] LOPES T P, PADILLA L, BOLARIN A, et al. Ovarian follicle growth during lactation determines the reproductive performance of weaned sows; *Animals* [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (6): 1012.
- [20] LUCY M C, LIU J, BOYD C K, et al. Ovarian follicular growth in sows [J]. *Reprod Suppl*, 2001, 58: 31-45.
- [21] GIANLUPI R D F, LUCCA M S, QUIRINO M, et al. Altrenogest treatment during the last week of lactation on ovarian traits and subsequent reproductive performance of primiparous and multiparous sows [J]. *Theriogenology*, 2021, 176: 122-127.
- [22] VAN LEEUWEN J J J, MARTENS M R T M, JOURQUIN J, et al. Effects of altrenogest treatments before and after weaning on follicular development, farrowing rate, and litter size in sows [J]. *J Anim Sci*, 2011, 89 (8): 2397-2406.
- [23] KITKHA S, BOONSOONGNERN A, RATANAVANICHROJN N, et al. Effect of dosage and duration of altrenogest treatment on follicular development and ovulation in sows [J]. *Turk J Vet Anim Sci*, 2017, 41 (6): 733-740.
- [24] VANDERHAEGHE C, DEWULF J, JOURQUIN J, et al. Incidence and prevention of early parturition in sows [J]. *Reprod Domest Anim*, 2011, 46 (3): 428-433.
- [25] GAGGINI T S, PERIN J, AREND L S, et al. Altrenogest treatment associated with a farrowing induction protocol to avoid early parturition in sows [J]. *Reprod Domest Anim*, 2013, 48 (3): 390-395.
- [26] TAECHAMAETEEKUL P, DUMNIEM N, PRAMUL A, et al. Effect of a combination of altrenogest and double PGF₂α administrations on farrowing variation, piglet performance and colostrum IgG [J]. *Theriogenology*, 2022, 191: 122-131.
- [27] LINO FIÚZA A T, DE CONTI E R, WALTER M P, et al. Intravaginal devices impregnated with medroxyprogesterone acetate avoid early parturition and synchronize farrowing in sows [J]. *Theriogenology*, 2023, 195: 192-198.
- [28] MCCONAGHY F F, GREEN L A, COLGAN S, et al. Studies of the pharmacokinetic profile, *in vivo* efficacy and safety of injectable altrenogest for the suppression of oestrus in mares [J]. *Aust Vet J*, 2016, 94 (7): 248-255.
- [29] KACZYNSKI P, BARYLA M, GORYSZEWSKA E, et al. Prostaglandin F₂ α promotes embryo implantation and development in the pig [J]. *Reproduction*, 2018, 156: 405-419.
- [30] GEISERT R D, MEYER A E, PFEIFFER C A, et al. 374 Early embryonic loss is an important mechanism for maximizing litter size in the pig [J]. *J Anim Sci*, 2020, 98: 123.
- [31] SOEDE N M, BOUWMAN E G, VAN DER LAAN I, et al. Progestagen supplementation during early pregnancy does not improve embryo survival in pigs [J]. *Reprod Domest Anim*, 2012, 47 (5): 835-841.
- [32] MAO J, FOXCROFT G R. Progesterone therapy during early pregnancy and embryonal survival in primiparous weaned sows [J]. *J Anim Sci*, 1998, 76 (7): 1922-1928.
- [33] ZHANG S, SUN C, ZHAO S, et al. Exposure to DEHP or its metabolite MEHP promotes progesterone secretion and inhibits proliferation in mouse placenta or JEG-3 cells [J]. *Environ Pollut*, 2020, 257: 113593.
- [34] KRIDL R T, KHALAJ K, BIDARIMATH M, et al. Placentation, maternal-fetal interface, and conceptus loss in swine [J]. *Theriogenology*, 2016, 85 (1): 135-144.
- [35] MURO B B D, CARNEVALE R F, LEAL D F, et al. Supplemental progesterone during early pregnancy exerts divergent responses on embryonic characteristics in sows and gilts [J]. *Animal*, 2020, 14 (6): 1234-1240.
- [36] MURO B, CARNEVALE R, MENDONÇA M, et al. 54 Altrenogest supplementation during early pregnancy improves swine embryonic development [J]. *Reprod Fertil Dev*, 2019, 31 (1): 152.
- [37] KELLEHER A M, DEMAYO F J, SPENCER T E. Uterine glands: developmental biology and functional roles in pregnancy [J]. *Endocr Rev*, 2019, 40 (5): 1424-1445.
- [38] WHYTE J J, MEYER A E, SPATE L D, et al. Inactivation of porcine interleukin-1β results in failure of rapid conceptus elongation [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, 115 (2): 307-312.
- [39] MURO B B D, OLIVEIRA A C R, CARNEVALE R F, et al. Altrenogest supplementation during early pregnancy improves reproductive outcome in pigs [J]. *Animals (Basel)*, 2022, 12 (14): 1801.
- [40] MURO B B D, LEAL D F, CARNEVALE R F, et al. Altrenogest during early pregnancy modulates uterine glandular epithelium and endometrial growth factor expression at the time implantation in pigs [J]. *Anim Reprod*, 2021, 18 (1): e20200431.
- [41] SZYMANSKA M, BLITEK A. Endometrial and conceptus response to exogenous progesterone treatment in early pregnant gilts following hormonally-induced estrus [J]. *Anim Reprod Sci*, 2016, 174: 56-64.
- [42] 王泳翔, 杨凌, 毕江华, 等. 孕酮在反刍动物早期妊娠中的免疫

- 耐受作用 [J]. 中国畜牧兽医, 2015, 42 (2): 493-497.
- [43] 宋俏俏. 孕酮对大肠杆菌感染的山羊子宫内膜炎症反应研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2019.
- [44] GONZALEZ-RAMIRO H, CUELLO C, CAMBRA J M, et al. A short-term altrenogest treatment post-weaning followed by superovulation reduces pregnancy rates and embryo production efficiency in multiparous sows [J]. *Front Vet Sci*, 2021, 8: 771573.
- [45] 包汝泼, 崔贞亮, 邵梦瑜. 一种兽用烯丙孕素制剂及其制备方法: CN109260208B [P]. 2021-04-30.
- [46] 钱星宇, 任玉琴, 岑桂英, 等. 烯丙孕素的合成方法: CN106810584A [P]. 2017-06-09.
- [47] 岑桂英, 钱星宇, 李伟, 等. 一种烯丙孕素片剂及其制备方法: CN112587490A [P]. 2021-04-02.
- [48] 王忠, 王立琦, 刘宝生, 等. 一种烯丙孕素缓释注射液及其制备方法和应用: CN113350275B [P]. 2022-09-06.
- [49] YANG Y S, LI Z, ZHANG K J, et al. Preparation of water-soluble altrenogest inclusion complex with β -cyclodextrin derivatives and in vitro sustained-release test [J]. *Polymer*, 2022, 249: 124803.

· 信息 ·

倡导健康养殖新理念 解读疫病防控新技术 欢迎订阅 2025年《畜牧与兽医》

ISSN 0529-5130, CN 32-1192/S

《畜牧与兽医》月刊由教育部主管、南京农业大学主办。1935年创刊，由原中央大学畜牧兽医系编辑出版，著名兽医学家罗清生教授任主编，至今已有90年的办刊历史。始终遵循“为社会服务，为畜牧生产服务”和“理论与实践相结合，普及与提高并举”的办刊宗旨。本刊连续入选中国科技核心期刊（中国科技论文统计源期刊）、《中文核心期刊要目总览》，先后荣获华东地区优秀期刊、江苏期刊方阵双效期刊、江苏省优秀科技期刊、全国高校优秀期刊、全国畜牧兽医类优秀期刊等。

读者对象：畜牧、兽医科技工作者和大专院校师生等。

主要内容：主要刊登畜牧、兽医两学科各领域的研究报告、文献综述等。主要栏目有遗传繁育、动物营养、环境卫生、基础兽医、预防兽医、临床兽医和专题综述等。

征订办法：本刊为月刊，大16开，定价：28.00元，全年12期共336.00元。邮发代号：28-42，全国各地邮局均可订阅。邮局漏订者可直接汇款至本刊杂志社补订。

地址：江苏省南京市江北新区滨江大道666号南京农业大学行政楼A320《畜牧与兽医》编辑部

邮编：210031

电话：025-84395701（编辑部）

E-mail：muyizz@njau.edu.cn