

母牛超数排卵的研究进展*

杨炜峰, 高志敏, 窦忠英

(西北农林科技大学 家畜生殖内分泌与胚胎工程农业部重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 超数排卵技术作为一项实用的繁殖技术, 在牛的改良和育种中应用广泛。常用的超排程序是 20 世纪 80 年代初成型并推广使用的。现在超排技术基本稳定, 近 10 年国际胚胎移植协会的统计资料表明, 每头供体牛平均可获得 6 枚可用胚。在超排研究中, 人们最初以减少个体差异和提高受孕率为中心, 逐步转向从激素、程序和饲养管理方面寻找简化实用的改进方法, 并且对预测个体的超排效果作了一些探索。文章从对供体母牛超排前的预测、超排方案的细化、影响超排效果的因素以及改进超排的思路 4 个方面对超排研究进行了论述。

[关键词] 牛; 卵泡发育波; 超数排卵; 繁殖技术

[中图分类号] S823.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)02-0166-05

超数排卵技术(超排技术)已广泛应用于家畜繁殖中, 通过超数排卵技术可以获得大量整齐、优质的卵子, 使得优良后代数增加几倍甚至几十倍, 加快了优良品种扩繁和动物育种的步伐。牛是单胎动物, 产犊数量少, 因而人们一直都很重视对母牛超数排卵的研究。但是母牛个体间较大的超排反应差异使得人们在生产实践中无法准确预测其超排效果, 这样大大影响了胚胎移植的效益。从国际胚胎移植协会(IETS)的报道可以看出, 最近 10 年来, 每头供体牛获得的可用胚胎数平均在 6 枚左右, 说明超数排卵技术基本稳定^[1]。目前大量使用的超排程序是 20 世纪 80 年代初成型并推广使用的, 20 多年来没有大的改进^[2]。近年来, 随着超声成像技术的发展, 对卵巢进行超声扫描使得人们对动物个体间的超排反应差异的原因有了更深一步的认识, 不断尝试寻找预测超排效果的标准或简单实用的方法。此外, 研究者也从激素、程序、饲管等方面进行了大量的试验。其目的主要是为了提高卵泡波发育的同期化程度, 提高超排的卵泡数、排卵率及胚胎的可用率。作者以这些资料为基础, 综述了超数排卵的研究状况, 并对超排的改进思路进行了论述。

1 超数排卵研究的现状

1.1 超数排卵前对超排效果的预测

在许多商业性的胚胎移植记录中, 可以看出母

牛对超排的反应和可用胚产量的变异范围很大, 使得在生产实践中无法预测母牛个体的超排反应, 以至于许多研究者认为超排反应是无法预测的, 因此在这一方面有许多探索性研究。Mapletoft R J 等^[3]总结以往的胚移记录发现, 每个供体母牛的排卵率和可用胚胎数是相对稳定的, 一次处理反应好的牛以后各次处理反应都好, 而一次处理反应不好的母牛往往在以后处理时的反应也都不好。Tonhati H 等^[4]统计了 2 941 头母牛的 5 387 次超排反应, 认为超排反应不具有遗传性。因此, 可以用上一次超排的结果来预测下一次超排反应, 而不能依据遗传特性推测。Driancourt M A^[5]的研究表明, 母牛卵巢对超排处理的反应依赖于超排时存在的对促性腺激素敏感的卵泡的数量, 也就是说在用促性腺激素处理时, 母牛卵泡波所处的阶段对超排有重要的影响。

随着超声成像技术的应用, 人们希望统计出一个合理的标准, 通过卵巢上黄体 and 卵泡的形态, 来实现对超排效果的预测。在牛的一个发情周期中, 有 2 或 3 个卵泡发育波。每一个波的特征是募集几个小卵泡, 最终选择一个优势化卵泡。第一卵泡波的优势卵泡从出现(可以用超声检测到)至第 4 天生长较慢, 在 4~6 d 呈线性增长, 然后发生闭锁^[6]。优势卵泡抑制同一波中其他卵泡的生长发育, 并延迟下一个波的开始。卵泡内雌激素(E₂)、孕酮(P₄)、睾酮(T)和抑制素(NH)随卵泡大小、闭锁程度和发情

* [收稿日期] 2002-06-19

[基金项目] 国家“九五”攻关项目(96-C01-03-02)

[作者简介] 杨炜峰(1977-), 男, 河南郑州人, 硕士, 主要从事哺乳动物胚胎工程研究。E-mail: weifengyang365@sohu.com

[通讯作者] 窦忠英(1939-), 男, 陕西兴平人, 教授, 博士生导师, 主要从事哺乳动物胚胎干细胞和动物克隆研究。

E-mail: Douzhongying@china.com

阶段而改变。排卵前期, 卵泡内高的 P_4 浓度是卵泡退化的标志, 而卵泡的退化必然伴随 E_2 合成能力的减弱。Ali A 等^[7]通过超声扫描技术确定卵泡的形态(卵泡直径 $< 4\text{ mm}$ 为小卵泡, $4\sim 9\text{ mm}$ 为中等卵泡, $\geq 10\text{ mm}$ 为大卵泡), 通过抽吸卵泡的卵泡液并测定其中 E_2/P_4 的比例来区别生长和闭锁卵泡, 通过注射前列腺素($\text{PGF}_{2\alpha}$), 使处于周期不同阶段的黄体退化, 诱导优势卵泡的排卵, 从而评估卵巢的功能。研究结果表明: 卵泡在出现后的前 2 d 或者在出现后的 6 d 以后(处于退化阶段), 其形态(大小)和功能是一致的; 当优势卵泡处在生长期 $4\sim 6\text{ d}$ 时, 一部分卵泡是生长的, 而另一部分是闭锁的, 其形态和功能似乎没有联系。这项研究说明, 超排只能挽救那些处于生长期的中小卵泡, 使其同优势卵泡一样生长到排卵时的体积。Kohram H 等^[8]进行了 102 次超排试验, 研究超排前卵泡状况与超排效果之间的关系: 若在超排处理开始时存在一个处于生长阶段的优势卵泡(直径大于 7 mm), 会严重减弱超排反应; 若仅存在大量 $4\sim 6\text{ mm}$ 的卵泡而不存在有功能性的大卵泡, 则可以得到良好的超排效果。

这些研究表明, 应用超声技术预测超排效果是一个有希望的辅助手段。在处理前对供体母牛进行分类, 对卵巢反应好的母牛进行常规超排; 对不排卵的母牛进行活体采卵(OPU); 对卵巢反应不好的母牛可以用 E_2 和 bST (牛生长激素, bovine somatotropin, Posilac) 长期联合处理(3 个月以上)后再行超排^[9]。总之, 目前对超排效果的预测还只是停留在经验水平上, 准确地预测超排反应还需要更进一步的研究。

1.2 超排方案的细化

常规的超排方案是在发情周期的第 9 天或第 10 天, 以递减剂量每天 2 次注射促卵泡素(FSH), 连续注射 $3\sim 5\text{ d}$, 总剂量在 $400\sim 600\text{ IU}$ 。在开始注射后 60 和 72 h 注射 $\text{PGF}_{2\alpha}$ 诱导黄体溶解, 母牛在 $36\sim 48\text{ h}$ 开始发情, 再隔 $24\sim 36\text{ h}$ 发生排卵。

对于超排方案的细化, 主要是依据母牛个体的生理状况差异和所处环境的不同, 对常规方案作一些随机的改动。主要有以下几个方面: 依据以前的超排记录调整超排剂量。对上次卵巢反应不够充分的母牛下次应适当增加剂量, 对上次反应过于激烈的母牛下次应减少剂量^[10]。在超排处理开始时除去有功能的大卵泡。许多试验结果证明, 超排处理时存在大卵泡会抑制相对较小的卵泡的生长, 从而影响超排效果。Kim IH 等^[11]的研究表明, 在超排前

48 h 用超声引导抽吸除去优势大卵泡可以促进其他卵泡的生长, 并提高排卵率和胚胎的产量。对于 FSH 注射的次数应根据卵泡的发育状况来确定。在常规程序中, 开始注射 FSH 的第 5 天母牛应出现发情, 若未发情, 则应在第 5 天继续注射小剂量的 FSH, 可以提高超排效果^[10]。而且每天应当直检以防止卵巢过度刺激的发生。提高受精率和促进胚胎的发育。人们很早就发现超排处理会降低卵母细胞的受精率和减慢胚胎的发育速度, 而在常规的超排方案中, 并没有人为地预防这一现象。近年许多研究表明, 在第一次人工输精时同时皮下注射 500 mg bST (bovine somatotropin, Posilac), 可以提高可用胚的数量。Moreira F 等^[9]的研究表明, bST 通过提高受精率和早期胚胎发育的能力提高了可用胚的数量。在许多组织中, 包括卵巢, bST 可以刺激 IGF-I (胰岛素样生长因子-I) 的合成。Spicer 等^[12]发现, 小卵泡同中等卵泡和大卵泡相比, IGF-I 的含量较低。Katz 等^[13]发现, 在卵巢内部存在 IGF-I 受体和结合蛋白体系, 通过增强颗粒细胞的功能, 可以改善超排反应。但是也有相反的报道, 用 bST 处理并没有改善母牛的超排反应^[14]。简化超排程序。Dobrin-sky J R 等^[10]的研究认为, FSH 多次注射会比单次注射产生更多的劣质胚胎。一次皮下注射 10 mL 含有 300 mg/g 的 PVP (聚乙烯吡咯酮, 分子质量为 $40\ 000\text{ u}$) 的 FSH, 具有良好的超排效果。但目前在生产中使用的还较少, 多数人认为 PVP 难以溶解且效果不够稳定。在超排处理时, 如气温急剧下降或连阴雨雪, 可以通过人为加强室内光照, 尽量降低不发情或排卵障碍的出现。此外, 在配种后第 3 天, 阴道内放置海绵栓, 对防止黄体早期退化后导致的胚胎变性有一定作用。

1.3 影响超数排卵效果的因素

这方面的研究报道较多, 现总结如下: 胎次: $2\sim 6$ 胎较好; 超排季节: 春夏秋冬均可, 但冬季比夏季效果好; 促卵泡素剂量: 常规剂量较好; 泌乳状况: 非泌乳牛比泌乳牛超排效果好; 产后间隔: 一般认为在 60 d 以上较好, 这时母牛生殖器官和机能已恢复, 开始超排即可, 若供体母牛的子宫环境和机能未完全恢复, 则获可用胚比例较低; 输精次数和输精量: 一般输 2 次, 每次使用 $2\sim 3$ 支精液即可; 超排处理次数: 超排处理次数对胚胎的回收数没有显著影响, 但超排处理会延迟配种受胎的时间, 增加了母牛的空怀天数; 营养状况: 研究表明, 过多的能量摄入会减弱超排反应, 减少胚胎产量和

改变胚胎发育过程中某些基因的表达。高浓度的精料摄入对胚胎生产的质和量都不利,而超排前和超排期间低的能量摄入可以产生更多的卵泡和提高胚胎的质量; 环境: 这是一个很重要的因素,提供最好的环境条件,最大程度地减少应激,尽可能提供舒适的条件和保持一个好的健康体系是取得良好超排效果的基本保障^[15~22]。

2 改进超排效果的设想

2.1 主动增加用以超排的卵泡数

这种设想主要是通过刺激早期有腔卵泡和腔前卵泡数量来增加反应卵泡数,使得在开始超排处理时有许多较大的、反应能力较一致的卵泡存在。反当类动物的初级卵泡贮库是在胎儿时期建立起来的,该贮库一旦建立之后,卵泡就逐渐地和持续地离开该贮库而继续生长,一生中其总数只会逐渐减少。母犊出生时大约有 68 000 个原始卵泡,而在母牛一生中能发生排卵的卵泡数只有几十个,其余的均发生闭锁和退化。因而如何有效地增加用以超排的卵泡数,是进一步发掘卵巢潜能的手段之一。

以往的研究发现,对外源性激素反应不好的母牛有两类: 第一类牛每个卵巢只含有 50~200 个生长卵泡(直径在 0.7 mm 以上),而反应好的牛卵巢的生长卵泡数则在 600 个以上^[3]。因此,造成超排反应差异的原因之一,可能是动物遗传或生理状况不同。改善这种类型母牛超排效果的方法之一是设法促使更多的卵泡变为有腔卵泡。Cushman R A 等^[23]研究发现,通过长期使用 bST 和 E₂ 可以增加有腔卵泡数目和改善超排效果。

2.2 延长排卵前卵泡的发育

研究发现,当母牛进行超排处理后有一个明显的变化是排卵前卵泡的发育期变短,从黄体退化到排卵前 LH 峰出现的时间间隔由 61 h 减少到 44 h^[24]。在超排反应中,并不是所有的卵泡可以同期化成熟和同期化排卵。当发育较早的卵泡诱导 LH 峰出现时,还存在没有最终成熟的卵泡,这样导致了卵泡和卵母细胞发育的不同步^[25]。通过延长排卵前卵泡的发育,从理论上讲可以减少卵泡发育的不同步性,并能使更多的卵泡获得对 LH 信号发生反应的能力。

现在延长排卵前卵泡发育的方法主要有以下 2 种: 一是 Vos 等^[26]报道通过使用外源性孕酮栓可以阻止排卵前的内源性 LH 峰的出现,在孕酮栓撤除之后注射 GnRH, 2 h 后可以诱导 LH 峰的出现; 二

是 D'Occhio 等^[27]报道使用 GnRH 激动剂处理牛,可以消除垂体分泌 GnRH 的作用,然后用纯化的 LH 处理可以人为地产生 LH 峰。Van de Leemput E E 等^[28]采用第一种方法历时 3 年的研究结果表明: 延长排卵前卵泡的发育时间增加了成熟卵泡的数量和提高了排卵率,但是最终可用胚的数目没有增加。分析其原因认为,这可能是由于外源性激素处理使得输卵管环境发生紊乱,从而导致胚胎的发育受到了不利影响。目前,超数排卵主要应用于 2 个方面: 一是为了获得用于移植的胚胎; 另一是为了获得卵母细胞,进行体外生产胚胎。因而这一思路仍具有应用价值,下一步可以探索在生产中易于推广的程序。

2.3 小剂量 FSH 预处理

一些研究认为,在第一个卵泡波出现后的第 2 次 FSH 峰与下一个卵泡波(即开始超排处理时)中存在的对 FSH 敏感的 2~6 mm 卵泡的群体大小有关^[29]。因此,在发情周期的初期用小剂量 FSH 对母牛进行预处理,使得更多的储备卵泡变为有腔卵泡,可以提高周期内 9~13 d 有腔卵泡的数量,从而改善超排效果。但有研究^[2]发现,用 FSH 预处理会导致在开始超排处理时卵巢上存在优势卵泡,而引起排卵数降低。目前很少有人进行这方面的研究,可能是因为个体间的巨大差异,造成无法得到一个合适的处理时间和剂量来增加处理时有有效的卵泡群体数目。

2.4 抑制素主动免疫

卵巢颗粒细胞释放的抑制素(Inhibin, NH)可以选择性地作用于垂体抑制 FSH 的分泌。NH 是由 $\alpha\beta 2$ 个亚基构成的异质二聚体,化学成分是糖蛋白,比较容易制成免疫原。用抑制素免疫动物后,内源性抑制素被抗体中和,血液中 FSH 浓度升高,达到增加排卵率的目的^[30]。研究表明,使用抑制素免疫后获得超排反应可以维持较长时间,而且使用较少剂量的 FSH 即可获得较好的超排效果,但也有相反的报道^[30]。因而如何用抑制素免疫来改善超排效果还需进一步研究。

2.5 GnRH 及其类似物的应用

GnRH 是由 10 个氨基酸组成的肽类激素。它可以促使垂体释放 LH,提高奶牛多卵泡排卵的同期化程度。在正常的非超排奶牛发情后,血浆 LH 水平迅速上升,发情后 10 h 达到高峰,约 25 h 时排卵。超排奶牛发情后的 LH 水平低于非超排奶牛,而且超排母牛的排卵期较长,有的甚至长达 24 h^[2]。据报

道^[2], 超排牛在发情当天皮下注射 GnRH 250 μg , 结果可用胚数由 6 2 枚提高到 9 3 枚 ($P < 0.05$), 受精率从 76% 提高到 92% ($P < 0.05$)。朱玉林^[2]在试验牛静立发情后 6~8 h 第一次输精时肌注 LRH-A₂ 200 μg (GnRH 类似物), 结果排卵数和获卵率比对照组均有所提高。此外, 有报道^[31]认为, GnRH 还具有改善超排牛输卵管及子宫环境的作用, 有利于胚胎的发育, 促进子宫内膜的进一步成熟。但对超排牛注射 GnRH 的观点并不一致。Mapletoft R J 等^[3]研究发现, 在接近发情开始时给超排牛注射 GnRH (或者 $17\beta\text{E}_2$), 并未提高排卵率和改善胚胎质量。Kohram H 等^[8]研究表明, 在超排前 2 d 注射 GnRH 200 μg 可以增强卵巢反应和提高排卵率, 但是最终可用胚胎数并没有增加。分析其原因认为, 用 GnRH 处理的有利影响被未受精卵和退化胚胎数抵消了, 说明超排前短期给予 GnRH 可能阻碍了胚胎的发育能力。这些试验结果的不一致, 说明用 GnRH 来改善超排反应可能仅对一部分个体有效。

2.6 控制卵泡发育波

前面的几种设想均是改变卵泡的发育波, 使其在超排处理时出现尽可能多的 2~6 mm 的卵泡数。而把用 FSH 处理安排在最佳时间, 人为地控制同期化卵泡的出现, 也是改善超排效果的重要方法之一。目前控制同期化卵泡波出现的方法是, 使用特定的激素处理或者通过去除大卵泡的方法获得。

在激素处理方法中, $17\beta\text{E}_2$ 和 P_4 的联合使用比较成功。目前的研究表明, $17\beta\text{E}_2 + \text{P}_4$ 会抑制优势卵泡的生长, 并且在 (4 ± 0.1) d 产生一个新的卵

泡波, 用这种方法处理, 可以在 4 d 后开始注射 FSH, 结果与在发情后 8~12 d 出现第二个卵泡波时处理获得的胚胎数没有区别, 但明显可以缩短时间间隔^[32]。在除去大卵泡的研究中, 用超声引导除去 2 个大卵泡与除去所有直径大于 5 mm 的卵泡效果一样。Baracaldo 等^[33]分析认为, 应用物理方法 (超声引导除去优势卵泡) 优于激素处理, 因为激素处理引起大卵泡闭锁的同时也影响了下一个卵泡发育波中卵泡的发育。

总之, 目前的研究表明, 在超排处理前后或超排处理时使用 GnRH、 P_4 、 E_2 、FSH、bST, 并不能取得一致的有改善的预期效果。或许是由于供体母牛卵巢本身的生理状况差异, 不可能用同一水平标准的激素处理来消除, 这就提示人们, 合适的超排处理可以作为鉴定母牛卵巢潜在机能的指标之一。通过一次或几次超排处理, 将结果与每个牛超排时的卵巢生理状况相比较, 可以根据卵巢的大致状况及前次的超排效果将供体母牛分类处理。另外有一点必须强调, 除了供体母牛的品种特性、个体差异外, 即使是同一个体的同一体积的卵泡对促性腺激素的反应也并不都是一样的。这些原因使得人们进行以“在一个卵泡波中出现更多的生长卵泡, 尽可能整齐地排卵以及减少不受精率和变性胚胎数”为目的的试验时, 会出现并不完全一致的结果。当然, 作为一种实用的高新技术, 人们会通过进一步研究来完善和简化其程序。同时, 对超排技术的研究也会使人们进一步弄清卵泡的募集、优势化和排卵或闭锁的机制, 从而对家畜的繁殖调控起到一个大的推动作用。

[参考文献]

- [1] 杨炜峰, 高志敏, 窦志英. 胚胎移植技术的现状与展望[J]. 乳业科学与技术, 2002, (1): 29-33
- [2] 朱玉林. 改善奶牛超数排卵效果的方法[J]. 中国奶牛, 1994, (4): 31-33
- [3] Mapletoft R J, Pierson R A. Factors affecting superovulation in the cow: practical considerations[J]. Embryo Transfer Newsletter, 1993, 11: 14-24
- [4] Tonhati H, Lobo R B, Oliveira H N. Repeatability and heritability of response to superovulation in Holstein cows[J]. Theriogenology, 1999, 51(6): 1151-1156
- [5] Driancourt M A. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals[J]. Theriogenology, 2001, 55(6): 1211-1239
- [6] Sunderland S J, Knight P G, Bolan M P. A alteration in intrafollicular level of different mass forms of inhibin during development of follicular and luteal phase dominant follicles in heifers[J]. Biol Reprod, 1996, 54: 453-462
- [7] Ali A, Lange A, Gilles M. Morphological and functional characteristics of the dominant follicle and corpus luteum in cattle and their influence on ovarian function[J]. Theriogenology, 2001, 56: 569-576
- [8] Kohram H, Bousquet D, Durocher J. Follicular status and superovulation in cattle: a field trial[J]. Theriogenology, 1995, 43(1): 252
- [9] Moreira F, Bandinga L, Burnley C. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactation recipient cows[J]. Theriogenology, 2002, 57: 1371-1387
- [10] Dobrinsky J R, Overstrom E W, Duby R T. Effect of FSH type and number of injections on peripheral FSH concentrations, follicle numbers and embryo yield heifers[J]. Theriogenology, 1995, 43(1): 245
- [11] Kim I H, Son D S, Yeon S H. Effect of dominant follicle removal before superstimulation of follicular growth ovulation and embryo production in Holstein cows[J]. Theriogenology, 2001, 55(4): 937-945

- [12] Spicer L J, Geisert R D. Concentrations of insulin-like growth factor-1, estradiol and progesterone in follicular fluid of ovarian follicles during early pregnancy in cattle[J]. *Theriogenology*, 1992, 37: 749- 760
- [13] Katz, Ricciarelli E, A dashi E Y. The potential relevance of growth hormone to female reproductive physiology and pathophysiology[J]. *Fertil Steril*, 1993, 59: 8- 34
- [14] Gray B W, String fellow D A, Riddell M G. The effect of treatment with BST on the superovulatory response of cattle[J]. *Theriogenology*, 1993, 39: 227.
- [15] 高建明, 胡明信, 吴学清. 奶牛超数排卵技术中几项问题的观察分析[J]. *草食家畜*, 1995, 6(2): 17- 19
- [16] 王新庄, 窦忠英, 樊敬庄. 牛超排技术研究[J]. *黄牛杂志*, 1996, 22(4): 20- 23
- [17] 李剑军. 影响超数排卵的主要因素[J]. *黄牛杂志*, 1998, 24(4): 46- 47.
- [18] 陈静波, 罗应荣, 宣柏华. 供体母牛超数排卵在荷斯坦奶牛育种的应用效果及影响因素分析[J]. *草食家畜*, 2001, (增刊): 93- 101.
- [19] Boland M P, Longergan P, O'callaghan D. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development[J]. *Theriogenology*, 2001, 55(6): 1323- 1340
- [20] Yaakub H, Boland M P. Effect of type and quantity of concentrates on superovulation and embryo yield in beef heifers[J]. *Theriogenology*, 1999, 51(7): 1259- 1266
- [21] Nolan R, Duby R T, Boland M P. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers[J]. *Theriogenology*, 1998, 50(8): 1263- 1274
- [22] Thatcher W W, Moreira F, Santos J E P. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production[J]. *Theriogenology*, 2001, 55: 75- 89
- [23] Cushman R A, Desouza J C. Effect of long-term treatment with recombinant bovine somatotropin and estradiol on hormone concentrations and ovulatory response of superovulated cattle[J]. *Theriogenology*, 2001, 55: 1533- 1547.
- [24] Bevers M M, Dieleman S J. Superovulation of cows with PM SG: Variation in plasma concentrations of progesterone, oestradiol, LH, cortisol, prolactin and PM SG and in number of preovulatory follicles[J]. *Anim Reprod Sci*, 1987, 15: 37- 52
- [25] Hggtel P, Callesen H, Greve T. Oocyte maturation and sperm transport in superovulated cattle[J]. *Theriogenology*, 1991, 35: 91- 108
- [26] Vos P L A M, Bevers M M, Willemsen A H. Effect of suppression by a progesterone-releasing intravaginal device and subsequent induction by GnRH of the preovulatory LH surge on follicular function and development in PM SG/PG treated cows[J]. *J Reprod Fertil*, 1994, 101: 43- 49
- [27] D'Occhio M J, Sudha G, Jillella D. Use of a GnRH agonist to prevent the endogenous LH surge and injection of exogenous LH to induce ovulation in heifers superstimulated with FSH: a new model for superovulation[J]. *Theriogenology*, 1997, 47: 601- 613
- [28] Van de Leemput E E, Vos P L A M, Hggtel P, et al. Effects of brief postponement of the preovulatory LH surge on ovulation rates and embryo formation in eCG/prostaglandin treated heifers[J]. *Theriogenology*, 2001, 55: 573- 592
- [29] Witbank M C, Gumen A. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle[J]. *Theriogenology*, 2002, 57: 21- 52
- [30] 曹步凯, 黄永宏, 汪河海. 抑制素免疫与超数排卵[J]. *中国畜牧杂志*, 2000, 36(4): 54- 55
- [31] Smith A K. Pregnancy rates for Grade 2 embryos following administration of synthetic GnRH at the time of transfer in embryo-recipient cattle[J]. *Theriogenology*, 2002, 57(8): 2083- 2091.
- [32] Bo G A, Baruselli P S, Moreno D. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle[J]. *Theriogenology*, 2001, 57: 53- 72
- [33] Baracaldo M I, Martinez M F, Adams G P. Superovulatory response following transvaginal follicle ablation in cattle[J]. *Theriogenology*, 2000; 53: 1239- 1250

The studies of bovine superovulation

YANG Wei-feng, GAO Zhi-min, DOU Zhong-ying

(The Key Laboratory of Animal Reproductive Endocrinology and Embryology of Ministry of Agriculture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Superovulation is an efficient and useful technique to obtain progeny from genetically valuable females. The procedure was formed in the early 1980. Generally, every donor can recover 6 embryos in the last ten years, which can be illustrated that this technique is almost stable. In those experiments, decreasing the individual difference and improving the rate of fertilization are studied at first. Now scientists want to get the simple and practical approaches by the hormone, procedure, nutrition and management. The prediction of superovulation is also researched. In a word, the basic situation, including the result prediction, the influence factors, the method improvement and the thoughts of getting an efficient procedure, is presented in this review.

Key words: bovine; follicular wave; superovulation; reproductive technology