

磁生物学在畜牧业中的应用

[苏]M. T. 科瓦列夫

贾 忠 山 译

陶尧遵 肖振铎校

农业出版社

МАГНИТОБИОЛОГИЯ В
ЖИВОТНОВОДСТВЕ
М. Г. КОВАЛЕВ
МИНСК «УРАДЖАЙ» 1980

磁生物学在畜牧业中的应用

〔苏〕 М. Г. 科瓦列夫 著

贾忠山 译

陶尧遵 肖振铎 校

• • •

责任编辑 刘振生

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 1.5印张 33千字
1985年12第1版 1985年12月北京第1次印刷
印数1—1,500册

统一书号 16144·3116 定价 0.34 元

目 录

一、磁生物学简史.....	1
二、磁场对动物血液、精液以及微生物的影响.....	2
三、磁场对生物体的作用机制.....	8
四、固定磁场对精液影响途径的研究.....	12
五、精液磁感应的最适范围.....	16
六、固定磁场处理稀释剂和稀释精液所用的仪器构造.....	22
七、固定磁场对精液的作用机制.....	25
八、应用固定磁场处理的冷冻(-196℃)精液的受胎力.....	36
九、固定磁场对后裔的影响.....	37
十、参考材料.....	43

一、磁生物学简史

磁生物学做为—门科学，始于近 20—30 年，然而，它的起源可追溯到远古。现在难于指出人们最初应用磁场的目的何在。象 Ю. А. Холодов (1972) 指出的那样，人类应用于治疗的目的，大概要比为了确定地球方位早得多。Ю. А. Холодов 确定在纪元—世纪，Диоскрид 建议应用磁体使人们摆脱愚昧的精神状态。Тален (二世纪) 在自己的医学记载中介绍磁体是一种泻药。Марцела (四世纪) 认定，磁体戴在脖子上能缓解头痛，医生 Авшенна (十一世纪) 指出，磁体对脾脏疾病有肯定疗效。

美国磁生物学家 D. Beisher (1933) 指出，磁生物学做为科学开始于 1600 年，正是这个时期，阐述生物学中的磁效应的第一本书问世了。在十二世纪，所有的医学认为磁体具有治疗作用，这一点无可争辩；到了十八世纪，这种观点更加明确了。巴黎皇家医学协会专门委任的委员会，负责验证 Ленобль 医生，其中包括医术高明的医生 Андри 和 Type 所做的磁体试验，并于 1780 年 8 月 29 日和 1784 年 4 月 1 日向协会报告指出，磁场对机体有无可争辩的治疗作用。近年来，磁效应的研究广泛地应用于医学、生物学和畜牧兽医等学科。

二、磁场对动物血液、精液 以及微生物的影响

在作物栽培方面，许多磁生物学家已做了大量的研究工作，而磁场在畜牧业上的应用，则研究薄弱。近年来发表的很多文章涉及到这样一些问题：即磁场对哺乳动物血液、精液以及微生物的影响。例如，M. Barnohy (1964) 认为，使老鼠居留于强度为 4,200Oe 固定磁场里，头两周白细胞减少 20—40%，随后，显然由于适应作用，这项指标恢复到对照组水平。但是，取消磁场，白细胞数明显增高并超过对照组 20%，据作者的见解，磁场能缩短白细胞、淋巴细胞和颗粒细胞的寿命。当这种因素取消后，可见血细胞数增加的过程。这与贮存的细胞进入血液有关。作者还指出，当进行大剂量放射线照射时，利用磁场亦可提高血细胞数量，这可能是由于磁场的保护因素的结果。先将老鼠置于强度为 4,200Oe 的磁场，随后用剂量为 800 伦琴的放射线照射，其死亡率减少了 23—30%，这是由于磁场影响血液中白细胞和红细胞数量升高的缘故。

И. В. Забродин 和 А. Т. Платонов (1971) 研究了低强度磁场的凝血作用。他们认为，随着磁场梯度由 60 至 1000Y/cm，对不同的凝血阶段的作用也不同。发现这个过程开始是加快速度进行，同时延续时间长。凝血时间开始减少可分为两个阶段，第一阶段发现血小板减少，第二阶段则是血小板过度增多，这时血小板的粘连作用降低。据此作者认为，低强度磁场使血液处于过凝固状态。业已证明，磁

场具有生物学活性。

Н. А. Темурьянц (1971) 研究了磁场对末梢血液中的白细胞的影响, 他指出磁场强度为 0.02γ , 酶的活性稍降低。例如, 碱性磷酸酶活性降低 $9.8 \pm 1.4\%$, 过氧化物酶活性降低 $8.2 \pm 1.1\%$, 但糖原含量不变。当磁场强度增加到 $0.2-2\gamma$ 时, 这项指标降低了 $20-30\%$ 。虽然我们未进行过类似的实验, 但我们认为该作者在这些实验中用的计算方法是有误差的。特别是根据 Н. А. Темурьянц 的资料, 磁场强度为 $0.2-2\gamma$ 。须知 1γ 等于 10^{-5}Oe , 即最大的强度 2γ 相当于地球磁场平均值(约等于 0.5Oe) 的 $1/25,000$ 。即使是因为 60 匝螺线管能放出电流, 实验中磁场强度如此之低, 也是不可能的。在这种情况下, 磁场强度应当高得多, 而不能低于地球磁场。

Л. П. Козлов 和 М. И. Козлова (1971) 研究了固定磁场对红细胞沉降反应的影响。他们指出, 当固定磁场强度为 0.8Oe 时, 其沉降速度时而加快, 时而减慢。作者们解释这些现象是地球磁场的影响。根据 А. И. Лихачев (1971) 的资料, 磁场强度分别为 1.8 和 8kA/m , 通电 15min , 血浆通过系数不发生变化。磁场强度为 80kA/m , 通电 15min , 血浆系数明显降低。然而, 在 4 和 8kA/m 磁场强度作用下, 经过 5 天, 血液浓度增高。电流为 80kA/m , 每天通电 15min , 经过 5 天磁场作用, 血液光学浓度极明显地提高 (几乎提高 2 倍)。无论是一次或多次作用, 实验家兔的白细胞数均明显提高。А. П. Лихачев 在自己实验的基础上, 得出如下结论: 血浆混浊与血液中白细胞数量的增加相联系着。这些资料表明, 磁场对血液有活性作用是肯定的。同时, 其效果既决定于作用时间, 也决定于作用强度。

近年来,国内外发表了有关磁场影响细菌的有价值的文章,这方面的研究基本上是从两个方面进行的,即研究细菌对抗生素的抗菌性和在磁场作用后对细菌毒力的测定。B. M. Катола (1971) 报道了在固定磁场作用下菌群对抗生素稳定性的影响,实验利用白色非致病性葡萄球菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌以及黄色八迭球菌。作者认为,放入磁场中连续培养 30 天的白色葡萄球菌,对抗生素的敏感性未发生改变。然而,在磁场中通过继代培养,大大提高对红霉素的敏感性;八迭球菌通过培养后表明,在夏季敏感性提高,而在冬季则相反,即与对照样本比较,抵抗性明显提高。

Н. Н. Алиев (1971) 研究在磁场作用下沙雷氏菌对抗生素敏感性的影响,作者指出,近年来发现细菌对各种化学因素有较大的适应性。实验结果表明,磁场强度为 100Oe,经过 1h 作用,对新霉素和摩能菌素具有敏感性;第二组实验,磁场强度为 50Oe,经过 2h 作用,对新霉素和红霉素具有敏感性;第三组实验磁场强度为 25Oe,经过 3h,对红霉素和摩能菌素呈现明显的敏感性增高。这些研究表明,磁场和抗生素联合能有效地应用于治疗。这些研究表明,当作用延长 1—3h,磁场作用的效果提高。磁场强度由 100Oe 减少到 25Oe,磁场作用效果降低。这个事实很重要,并首次证明通电在很大范围内影响磁场的强度。显然,这一点说明,作者们在其实验中对磁场充电强度相当大,但却忽视了通电的作用。

Н. Н. Алиев 和 А. С. Рагимов (1971) 研究了磁场对大肠杆菌生化性状的影响。第一组实验结果表明,磁场强度为 25Oe,通电 3h,可抑制大肠杆菌产气和刺激产酸的特点。第二组实验磁场强度提高到 50Oe,通电 2h,产酸明显

提高，产气降低。这些实验证明，定向影响大肠杆菌的生化遗传学特性，这是可能的。

С. А. Проскуряков 和 В. Е. Яворская 发现，在磁场作用下，组织培养中病毒的繁殖发生变化。他们查明在固定磁场强度为 60Oe，细胞培养中病毒繁殖过程受到抑制，腺病毒滴度在实验组和对照组中分别为 100 万和 1,000 万倍，这些变化通常可见到病毒含有脱氧核糖核酸，然而，病毒含有的核糖核酸在磁场内仍未发生改变。这些实验说明磁场的选择性影响及其定向应用的可能性。

А. В. Меркушев 和 П. И. Балуда (1969) 研究了电磁场对牛奶酸度的影响。研究结果证明，电磁场处理后的牛奶酸度稍有下降。电磁场作用开始后，酸度立刻降低 0.02—0.76°，作者指出，虽然统计学差异不显著，但滴定效果是可见的。

目前，关于磁场和电磁场对精液影响的报道数量有限，其中部分是国外专利，这些专利都比我们发表的论文和向发明委员会提出的申请要晚得多。我们是于 1965 年开始研究的。

1970 年罗马尼亚社会主义共和国出版了题为《提高精子受胎率的方法》一书，该书作者对提高精子受胎率的解释归结为，精子经磁场处理 60s 后，精子运动速度提高。这样能使精子缩短穿入卵细胞受精部位的时间。

美国杂志《乳牛饲养》1971 年第一期登载了 A. Schouw 的文章，题为《磁场处理精子提高人工授精效果》。作者叙述了公牛精液借助于设计的仪器——电子加速器，经磁场处理的方法。他认为磁场处理的精子，人工授精效果最好。其后代体躯大于一般的。

保加利亚研究人员 А. Каликова (1972) 报道了在 39℃ 条件下, 低频电磁场和固定磁场对精子成活时间的研究结果。实验是利用公牛、公绵羊和公山羊精子进行的。在低频电磁场里处理精子, 磁感应强度为 0.33、0.505 和 1.14T。结果表明, 在低频电磁场感应强度为 0.0004T 和固定磁场感应强度为 0.33T, 温度为 39℃, 经过 15min, 对精子产生抑制作用; 在固定磁场强度为 0.505 和 1.4T, 经过 15min 处理后, 对精子有兴奋作用, 精子成活时间提高 52 ± 2.6 min。精子两次置于固定磁场, 其感应强度为 0.505T, 在相同温度下, 精子成活时间缩短, 如果对照组精子成活时间为 305 ± 12.8 min, 那么实验组在两次通电条件下, 经过 15 min, 成活时间降低到 244.1 ± 13.1 min。

1973 年 J. Knaack、H. Nerink、G. Gorenz 和 R. Stlosser 发表了题为《生物磁处理牛精液提高受胎率》的文章, 他们报道了磁场影响溶剂中所有物质的排列, 这就必然影响精子的质量, 并且处理对象的温度越低, 定向效果就越高。从这个假设出发, 作者借助于他们设计的仪器, 研究出对冷冻颗粒精液的处理方法。每次采出精液等量混合, A₁—A₄ 方案为新采集的精液, B₁ 和 B₂ 方案为冷冻颗粒精液, 用此精液进行实验, 人工授精的牛为 784 头, 对照组中首次人工授精受胎率为 70%, 而 A₁、A₂ 和 A₃ 方案受胎率分别为 69.5%、62.5% 和 70.4%, 即这些方案与对照组比较没有区别; 方案 A₄ 受胎率为 72.7%, 稍有提高。在 B₁ 和 B₂ 方案中受胎率相应为 72.3% 和 78%; B₂ 方案受胎率为最高, 与对照组比较提高 7.4%。实验中可以看到磁处理的效果差异相当大, 7 组中有 5 组受胎率平均提高 15.3%, 另两组得到不良结果。用固定磁场处理的精液, 对人工授精的母牛生

出 274 头犊牛进行研究证明，它们没有引起遗传变异。作者认为，磁场不能引起遗传密码的改变，并指出关于深冷冻精液的磁场作用的效果在实验中被证实了。根据我们的实验，对上述结论提出异议，其理由是： A_1-A_3 方案缺乏效果，很可能是通电时间短或精液过度稀释后进行磁场处理。此外，尚缺少处理技术的叙述，不足以说明 A_1-A_3 方案失败的原因。

近年来，磁场在养禽业中的应用已初步取得成果。例如，В. В. Аброськин (1966) 报道关于利用地球磁场控制家禽性别的可能性。在沃龙涅什家禽育种委员会，他们进行了影响鸡卵性别的特殊实验。雏鸡的性别取决于磁力线方向，在 Рекорд-39 人工孵化器中，借助指南针确定地球磁力线的方向。人工孵化的鸡卵，使其尖头向东，另一头则朝西。在此种情况下，胚胎头部方向分别朝北或朝南。实验证明，从 4,720 只雏鸡中，在 30 日龄时，区分为公鸡 2,053 只，母鸡 2,359 只。在托盘上垂直放置的对照组鸡卵，在同一时间内孵化出公雏 2,366 只和母雏 2,300 只。在此基础上作者得出结论：鸡胚胎头部方向朝北，促进公鸡发育；头部方向朝南则促进母鸡发育。Л. И. Ханаева 和 Л. Т. Бородайкевич (1973) 在自己的研究中提出了脉冲磁场对鸡胚发育的影响。实验用白莱航品种鸡卵 162 枚，其置于人工孵化器之前，进行一次脉冲磁场强度为 14,000 Oe 处理，连续脉冲为 220 MKS，间隔时间为 20s。实验证明，脉冲磁场作用 30 min，出雏时间平均提前 8—10h。此外，在这种情况下，出雏数量为最多 (95.5%)。通电时间延长至 1h，呈现某些相反的效果，胚胎发育受阻。

所以，文献资料表明，磁场在一定程度上不但影响一般

动物，而且也影响微生物的结构和功能，以及不同起源的动物植物。不过磁场对生物体的作用机制至今尚不清楚。

三、磁场对生物体的作用机制

关于磁场作用机制的研究，按照我们的见解，应从两方面进行。第一，需要找到磁场对不同生物体作用的总规律；第二，考虑研究对象的区分问题。寻求磁场作用某种统一机制，即可用说明一切磁生物学和磁技术效果，显然，这是没有根据的。然而，这不意味着在作用机制里的某个时间或阶段，无论在什么情况下，都不能是相同的。

R. Ilerep (1964) 在《生物体与磁场相互作用的理论模型》一书中，对红细胞的简单模拟表明，在磁场中确定研究对象位置的可能性。他指出了，在固定磁场中，磁感应为 300,000H，红细胞旋转的角速度为 68 度/s。以布朗运动为先决条件的旋转，这个值提高 1 倍。在这些实验的基础上，作者得出结论，磁场能以一定方式，在溶液中确定混悬粒子的方向。

Valentinuzzi Maxito (1964) 在《磁场中旋转的漫射及其附属生物学》著作中写道，他观察了在磁场中水分子定位的量子力学模式，并提出假说，即磁场对溶液分子定位的同时也影响生物学的实验对象。

I. Jleo (1964) 推想到，磁场可能影响 s 或 p 不成对电子进入 sp^3 轨道的速度。然而，当自由基的大分子量存在时，热效力破坏了磁场中磁因素的定位。I. Mulay、L. Mulay (1964) 在果蝇和肉瘤-37 肿瘤细胞上研究了磁场作用机制。实验研究是在磁场强度为 100—4,400Oe 情况下，观察对果

蝇二代的影响，结果证明磁场强度在 3,000—4,400Oe 时，随着处理时间的延长，遗传的变化亦明显；比较低的磁场强度（100、600 和 1,500Oe）未发生类似的变化。作者们推想，磁场作用最初的机制，是各种磁敏感性的分子确定方位。

Р. Либовф (1965) 提出了生物磁假说，他认为在磁场作用下，离子的漫射经过红细胞而减弱。因而，漫射速度的降低，可引起细胞在体外较长时间保存。

Л. И. Дорожкина (1969) 研究了原生动物某些生物化学反应的变化，她认为在固定磁场作用下，乳酸数量相当高，糖酵解增强，环境 pH 同样地亦发生变化，这就促进膜内的渗透性改变。糖酵解的增强是与呼吸链的破坏相连系着。原生动物感受性提高，作者提出假说，认为是在磁场作用下，呼吸链和氧化磷酸化破坏，在这种情况下，细胞内 ATP（三磷酸腺苷）不足，同样需氧量增加和转为能量代谢的糖酵解的途径，糖酵解过程比有氧氧化过程在能量的产生上效果较低。因而，能够引起细胞的死亡。然而，这种情况是观察不到的，原因是糖酵解率是很高的，细胞能应付 ATP 不足。这就是 Л. И. Дорожкина 认为固定磁场对原生动物体有生物化学作用机制。

在科学技术方面，探讨磁场作用机制是在水这样的物质上从生物学观点出发的，这些研究无疑是相当有意义的，因为所有的生物体基本上都是以水组成。正如 В. И. Классен (1971) 指出的那样，磁场作用机制的探讨，对水从不同方面进行。许多学者将磁场效应与在水中的磁体粒子的磁凝结联系起来。其他一些作者的著作（В. И. Миненко, С. М. Петров, М. И. Миц, 1962; Ю. Я. Голер, В. И. Классен, В. К. Погодин, П. А. Смыслов, 1968）指出，

磁场影响水中的各种离子。在磁场作用下，依靠磁力线改变离子运动轨迹、离子变形、离子极化和亲水作用。一系列工作证明其效应可能是磁场直接作用于水分子。С. Piccardi、F. Friede (1960) 指出，是抗磁的联合瞬间临时变化的作用，推测是水分子中氢自转方位改变的可能性。Г. И. Хажинская、Р. И. Шафеев、С. А. Степкая、Б. М. Корюкин (1971) 等的著作中指出磁化水中氧的作用，这些实验的实质是，一定强度的 10 个磁体，使馏水通过；对照的馏水从磁体外面的管子通过。他们用 Винкляра 的三种方法和作者们建议的两种方法，借助于焦性没食子酚、三醋酸以及三羟基苯，确定氧的浓度。三羟基苯 $[C_6H_3(OH)_3]$ 在碱性环境中与氧结合是很强的还原剂。溶液染成桂花颜色，染色的程度取决于溶解在液体中氧的数量，用光电比色计测得的光密度确定染色的变化。这些研究结果确定了，在磁场中溶于水中的氧百分比提高，经过一定时间它的浓度逐渐降低。

В. Г. Дობрожанский (1971) 的一些实验研究水在磁场强度为 $87 \times 10^3 \text{ A/m}$ 作用下，结晶时温度曲线的变化。其结果证明，经磁场处理的水和未经磁场处理的水，在结冰时温度曲线有明显区别。它们在 4°C 时开始期表现最好，磁场中始终是过度冷却的水。这令人信服地表明，磁场作用可引起水分子结构的改变。这个现象的实质，按照作者的观点是：水在磁场作用和温度相同的条件下，所形成含有二氧化碳型的水化物比未经处理的馏出物要多。从在磁场作用下水的结构式改变的观点出发，З. Я. Ярославский 和 Б. М. Долгонос (1971) 所做的实验阐明了它的作用机制。实验表明，水能象冰一样的缩短氢键和延长氢键的三种结构形式存在。按照作者的见解，磁处理的结果，氢键长度缩短，

使其牢固，并向形成大量缩短氢键水方面变动。在此基础上，能够阐明对不同浓度溶液磁场作用的机制，由于加大氢键结构的水转为离子，所以，水固有结构破坏相当弱，当用磁场处理的溶液象纯水一样，将引起氢键牢固，并使带有短氢键的水分子浓度增高。这就引起结晶过程的变化。浓缩溶液过程，能通过另外一些方式进行。当可溶性物质离子大量存在时，水本身的结构将遭到极大破坏。所以，应当考虑到，可溶性离子之间的相互作用。在磁场对这种溶液的处理过程中，将出现带有强有力氢键的复合物，其结果可见到磁生物学效应的延长。

为了阐明磁场对生物体的作用机制，不能忽视磁场的大小和磁场分布的均匀强度。在И. В. Тюньков、В. А. Буравихин 和 Э. В. Виличенко (1972) 的著作中，有许多这方面的重要资料。他们指出，分布高度不均匀磁场的生物学作用比强度较高分布均匀的固定磁场要高。按照作者的意见，强度为 100Oe 的磁场，要比这一强度高两级的磁场对红细胞产生更大的生物学影响。作者的解释认为，固定磁场在强度为 10Oe 比强度为 1,000Oe 的磁场不平衡系数大得多。作者提出按公式 $K = dH/Hde$ 计算磁场不平衡系数。其结果是：与我们对冷冻精液在固定磁场里所得的实验材料完全一致。

А. В. Ковальчук 和 М. И. Слховецкой (1972) 研究了固定磁场对溶液中 РНК (核糖核酸) 和 ДНК (脱氧核糖核酸) 的影响。研究用 РНК 和 ДНК 的标准样品，第一浓度为 3,000mg/ml, 0.1mol 的磷酸缓冲液；第二浓度为 3,000mg/ml, 0.01mol 的食盐溶液。按照 Л. Л. Киселев (1964) 方法确定螺旋化程度。实验应用磁场强度为 50、

100 和 200Oe。在磁场作用下,以它的溶解动力学作为 PHK 的大分子改变的指标。实验分为两组进行,第一组 PHK 溶液保存在 22℃,第二组保存在 4℃,PHK 无菌溶液在 60 天内,经上述磁场强度作用 1h,同一溶液做为对照组,保存于相同条件的磁场之外。实验结果证明,固定磁场对 PHK 螺旋化程度具有明显的影响,实验组比对照组平均提高 20—25%,并于每两天处理一次之后,表现出最佳效应。磁场对 PHK 的作用,在一定磁感应条件下,PHK 的一半溶解时间比对照组提高 2 倍。

В. Р. Файтельберг-блэк 和 Д. Г. Тифенбах(1972)证实了在 2.375MHz 范围的超高频作用下,不同功率和时间对贮备蛋白质数量上的改变。实验证明,功率小通电时间长,其效果最好。例如,对大老鼠的实验证明,在功率 20W 条件下,通电 20min 使拟球蛋白提高 12%,优球蛋白提高 20%,这些资料与我们的实验结果完全一致。即磁场强度不要太高,但磁感时间长些,有最佳利用效果。

四、固定磁场对精液

影响途径的研究

随着家畜人工授精的广泛应用,必须进一步从本质上改进并研究在零度和更低温度下保存精液的新方法。

众所周知,精液在附睾里能保持其活性 30—40 天。所以,从中得出如下结论:在外界环境中,提高精液的保存时间,完全可以变为现实

按照我们的观点,为了进一步改进精液保存方法,应从

以下几方面考虑。

第一、采用明确规定的与精液和稀释剂的理化学常数相适应的方法。在这种情况下，必须以在附睾中所观察到的理化学常数为标准。问题在于它们在很大程度上有别于体外精液，例如，体外渗透压平均接近 7.3atm ($1\text{atm} = 101,325\text{Pa}$)，而附睾里的渗透压远较前者高。公牛附睾头的渗透压为 8.135atm ，附睾体为 8.7atm ，附睾尾为 9.08atm ；公羊这些值还更高，分别为 8.45 、 9.27 和 10.55atm 。

第二、对精液稀释剂的个别环境加工处理的方法。据文献记载，精液的理化常数变化范围相当大，例如，种公牛体外精液温度休克后渗透压范围为 $6.2—8.25\text{atm}$ 。同时，现在所用的稀释剂，照例具有标准渗透压。例如，葡萄糖-柠檬酸钠-卵黄稀释液，平均接近 6.8atm ，然而，它只能用于一定种公牛的精液。

第三、借助于各种物理和化学因素的作用（磁场、超声波、氨基酸等），对水分子的结构以及溶液组成部分的影响方法。固定磁场是物理因素影响之一，我们从 1965 年成功地应用于提高精子在 0°C 的成活期限，以及在深冷冻状态下，提高精子的活力。

众所周知，在外界环境中，精子死亡的原因之一可能是分子动力学现象。它们的本质是处于稀释剂中的精子，受到溶液中的分子和离子冲击的结果。由于在 1cm^3 稀释剂中，存在 21.89×10^{19} 微粒，对精子冲击的结果，例如经过 3 昼夜，这个数值可能是相当高的。这就是在保存条件下，精子死亡的原因之一。利用固定磁场处理过的精液，可以在一定程度上减轻这种打击。它是由马蹄铁形磁体构成，其技术规格如下：两极间隙为 42mm ，极的宽度为 29mm ，极的厚度

为 10mm, 两极端间隙高度为 110mm。

将精液瓶置于南北极的外界处, 从表 1 可以看到, 用完全制备的稀释剂稀释的精液, 置于固定磁场南极区 3 昼夜, 其精子的成活期与对照组比较提高 40%, 精子成活期的绝对值与对照组比较提高 408 单位或提高 57.3%, 经统计学处理, 差异显著, $t_d = 3.9$ 。

表 1 经磁场处理和未经磁场处理的稀释精液的精子活力比较 ($n = 15$)

组 别	精 子 活 性 (级)									第八天精子成活的绝对指标
	原始值	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	
对 照 组	8.6	7.8	6.5	5.0	3.8	2.1	1.2	0.6	0.1	711 ± 63
稀 释 精 液	8.6	8.2	7.4	6.1	5.0	3.0	2.0	1.2	0.5	912 ± 58
固定磁场南极区 稀 释 精 液	8.6	8.6	8.1	7.0	5.1	4.7	3.8	2.8	1.8	1119 ± 82

从表 2 可看到, 将精液置于北极区, 其效果与放于南极

表 2 固定磁场的南北极对精子活性的影响 ($n = 12$)

组 别	精 子 活 性 (级)									第八天精子活性的绝对指标
	原始值	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	
未经磁场处理的 稀 释 精 液	8.5	8.2	7.1	6.0	4.3	3.0	2.0	1.2	0.5	801 ± 93
在北极区里的稀 释 精 液	8.5	8.5	7.7	6.5	5.0	4.0	3.4	2.3	1.6	1031 ± 92
在南极区里的稀 释 精 液	8.5	8.5	8.1	6.8	5.7	4.7	3.8	3.1	1.9	1110 ± 95