

飞行前恒磁场处理对卤虫卵搭乘我国 “8855”卫星后发育的影响*

邢国仁 郑德存 周启玲 苏瑞珍 陈去恶

(中国科学院生物物理研究所, 北京 100080)

摘 要

干燥卤虫冬卵预先用 $300-600 \times 10^{-4} \text{T}$ 非均匀恒磁场处理 113h, 再搭乘我国“8855”卫星飞行 8 天。飞行完成后第 10, 31, 65 和 227 天进行孵育, 观察早期发育速度及孵出能力。结果: (1) 卤虫卵受磁场处理后, 早期发育速度明显提高; (2) 磁场处理会增强卤虫卵对空间飞行不利影响(早期发育延缓及孵出率下降)的耐受力, 并促进其从受影响状态下的恢复; (3) 磁场处理对卤虫卵所产生的潜在生物学作用是相当持久的, 至少在处理后的第 318 天(飞行后第 227 天)仍可在发育过程中明显表现出来。

关键词: 恒磁场, 卤虫冬卵, 空间飞行, 早期发育速度, 孵出能力

早时地球上的特定环境因素, 使碳元素和碳化合物得到发展优势, 而终于跨入生命发生的大门^[1]。由于自然选择历史的久远, 地球上现存的全部生物都已适应了长期存在的各种地球物理因素的作用, 例如地重力、地磁场、环境压力及环境辐射等。一旦生物离开地球进入空间, 各种改变了的物理因素将如何影响生命活动, 是空间生物学研究的重要内容。研究各种不同强度磁场的生物学作用, 至少由于以下 3 个理由可与空间生物学联系起来: (1) 在地球空间轨道上及其他星球上, 磁场强度不同于地面。据文献[2], 地球海平面上的地磁场强度为 $0.3-0.6 \times 10^{-4} \text{T}$, 而地球上空间的磁场强度随对地距离的增大而减弱, 这种趋势一直向外延伸到磁层顶 (magnetopause, 该处的强度仅为 $\leq 4 \times 10^{-8} \text{T}$); 月球上仅为 $< 0.001 \times 10^{-4} \text{T}$; 火星上约为 $0.001 \times 10^{-4} \text{T}$, 而木星上竟达 10^{-1}T 。(2) 为避免长期飞行中空间高能重粒子辐射对人体的连续打击, 人们正计划在飞船中采用超导线圈所产生的强磁场来偏折此类辐射^[2,3], 而且认为这种方法是有希望的。(3) 探讨在地面上用磁场的预先或事后处理, 能否提高人体对空间环境不利因素作用的耐受力问题。

我们曾采用我国所产的卤虫卵, 搭乘我国 1987 年所发射的两颗返地卫星飞行, 观察到飞行卵早期发育速度变慢^[4,5], 而设想这是一种空间飞行的不利作用。本文报道, 对磁场处理后

本文 1989 年 10 月 16 日收到, 1989 年 11 月 31 日收到修改稿。

* 本研究经费来自国家科委拨给的中国联邦德国合作专项基金。

搭乘我国 1988 年卫星飞行的卤虫卵所观察到的结果, 包括对空间飞行不利作用的耐受力提高。这种结果在文献中还未见到先例。

一、材料与方 法

1. 生物材料及分组

生物材料为我国北方沿海的卤虫 (*Artemia Salina*) 的干燥休眠冬卵, 平时放在干燥皿内, 用黑纸遮光, 贮于 4℃ 的冰箱中。

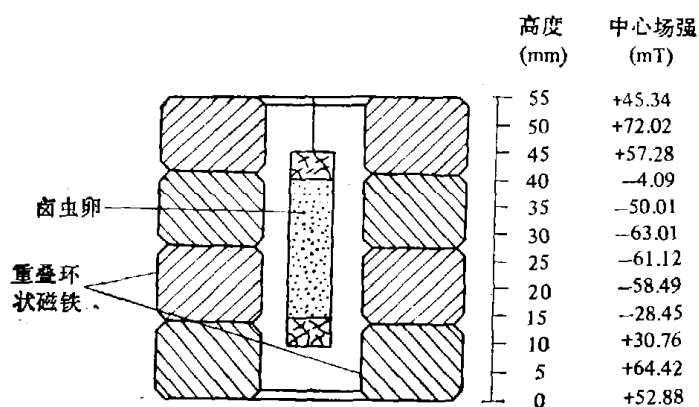


图 1 重叠环状磁铁中心场强及卤虫卵放置情况
(1mT=10G; 图中负值为磁场极性反向)

随机取卵约 2g 并均分为两份。一份装入软塑料管内, 两端用木棍封堵, 置于环状的重叠磁铁中心, 磁场强度是不均匀的, 约为 300— $600 \times 10^{-4} \text{T}$ (图 1), 处理近 5 天 (113h), 然后分装于两个扁圆形的小塑料盒中, 封闭, 即成为两个简单的小型生物包。另一份卤虫卵不经磁场处理, 制成两个同样的小型生物包。以上每个生物包约有卤虫卵 10 万个。

将卤虫卵分为 4 个组, 每组一个生物包:

- (1) 地面对照组: 卤虫卵未经任何处理, 也未经空间飞行;
- (2) 空间飞行组: 卤虫卵未经任何处理, 而经空间飞行;
- (3) 磁场处理地面组: 卤虫卵经恒磁场处理, 而未经空间飞行;
- (4) 磁场处理飞行组: 卤虫卵经恒磁场处理, 又经空间飞行。

其中两组飞行卵搭乘我国“8885”返地卫星绕地飞行 8 天(飞行中所受到的空间电离辐射总剂量 $< 100 \text{mrad}$); 而两组未飞行卵则保存于地面, 即实验室常温中。

从恒磁场处理开始到空间飞行结束后回收到实验室, 历时近 3 个月(从 5 月中到 8 月中)。空间飞行的两个生物包回收到实验室后, 即同实验室保存的两个生物包一起放入干燥皿, 贮于 4℃ 冰箱中, 定期取出 4 个组的部分卵, 同时进行发育观察。

2. 发育观察

将卤虫卵投入 28°—30℃ 的人工海水中, 经过 18h 的孵育可观察到一定数量的冒出(emergence), 即卵壳裂开, 由膜包裹的虫体不同程度地突出壳外。孵育 18h 内冒出相对值的多少, 可反映其早期发育速度的快慢。经过 24h 的孵育可观察到一定数量的孵出(hatching), 即幼虫完全脱离卵壳, 破膜游泳。经孵育 72h, 凡有孵出能力的卵(不是全部)一般都孵出来了, 72h 以后实际上不再有孵出。因此, 我们将卤虫卵入水孵育后 72h 内的孵出相对值作为总孵出率, 反映卤虫卵的孵出能力。

从空间飞行完成日起, 第 10, 31, 65 和 227 天, 对卤虫卵进行了 4 次孵育观察。每次从 4 个组分别取卵 200 个以上。在解剖镜下计数孵育开始后 18h 内的冒出率和 72h 内的总孵出率。两项指标均以地面对照组的卵中所观察到的数字作为基准 1.00 来比较, 而得出其他 3 个

组的相对值。

二、结 果

1. 空间飞行对卤虫卵发育的不利影响

这次飞行实验见到, 未经磁场处理的卤虫卵搭乘卫星绕地飞行 8 天后, 其早期发育进程和孵出能力两者都受到明显不利的影响, 表现在孵育 18h 内的冒出率(图 2)和 72h 内的总孵出率(图 3)都出现大幅度下降。这种

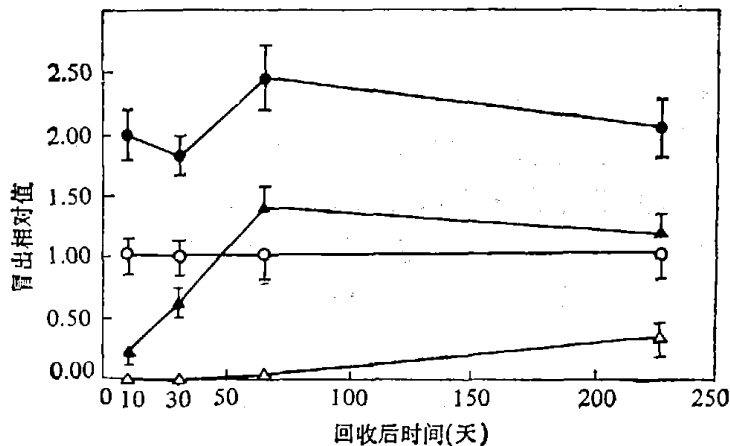


图 2 “8885” 卫星搭载的卤虫卵飞行 8 天回收后孵育 18h 内的冒出相对值

(以地面对照组为 1.00 取值。●——磁场处理地面组, ▲——磁场处理飞行组, ○——地面对照组, △——空间飞行组)

卵经 4℃ 贮藏到飞行后的第 65 天, 两者又都开始出现回升的迹象, 到飞行后第 227 天见到进一步回升, 可是仍然显著低于相应的地面对照组。

2. 恒磁场预先处理对空间飞行不利影响的减轻作用

(1) 对早期发育速度下降的缓解作用: 从图 2 可以看出: 1) 预先受磁场处理的飞行组卵, 在各观察点上的 18h 内冒出率都比不受处理的飞行组卵高, 表明预先磁场处理对空间飞行的不利影响有明显的缓解作用。2) 预先受磁场处理的飞行卵, 在各观察点上的 18h 内冒出率都比同样受磁场处理的地面卵低, 在飞行后第 10 及 31 天比地面对照组卵也低, 表明预先经磁场处理的虫卵仍然会表现出所受到的空间飞行的不利影响, 但所表现的程度要比不受磁场处理的飞行组卵轻。3) 受磁场处理的飞行组卵在 4℃ 贮存过程中也表现出 18h 内冒出率的回升 (恢复), 与不受处理的飞行组卵比较起来, 回升的速度更快, 幅度更大。4) 受磁场处理的飞行组卵, 在磁场处理过后第 318 天 (飞行完成后 227 天), 仍表现出 18h 内冒出率明显高于不受处理的飞行组卵, 表明磁场处理的潜在生物学作用在虫卵中的存在是相当持久的。

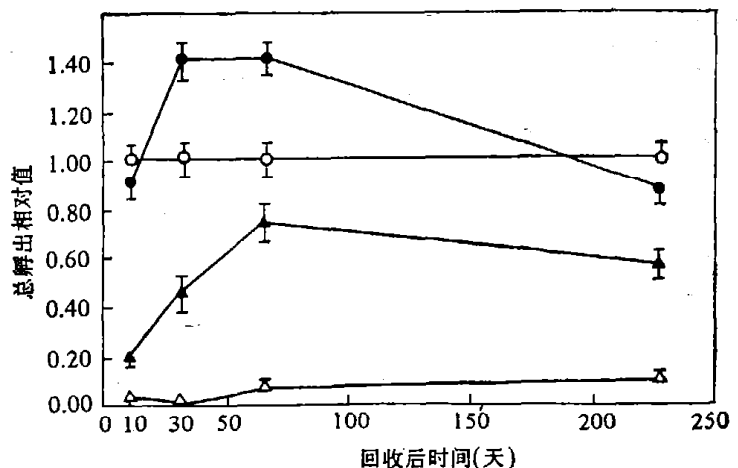


图 3 “8885” 卫星搭载的卤虫卵飞行 8 天回收后孵育 72h 内的总孵出相对值

(以地面对照组为 1.00 取值。○——地面对照组, ●——磁场处理地面组, ▲——磁场处理飞行组, △——空间飞行组)

(2) 对总孵出率下降的缓解作用: 从图 3 可以看出与上述相似的 4 点, 即: 1) 预先受磁场处理的飞行组卵, 在各观察点上的 72h 总孵出率都显著高于不受磁场处理的飞行组卵, 也表明预先磁场处理对空间飞行的不利

影响有明显的缓解作用。2)将受磁场处理的飞行组卵的 72h 总孵出率曲线(▲)与同样受磁场处理的地面组卵的曲线(●)及地面对照组卵的曲线(○)相比较,也可以看出预先受磁场处理的飞行组卵仍会表现出空间飞行的不利影响,但表现程度要比不受处理的飞行组(△)卵轻。3)也可以看出,预先磁场处理的飞行组卵经 4℃ 贮存后,在 72h 总孵出率上也表现出速度快、幅度较大的恢复。4)预先受磁场处理的飞行组卵,在磁场处理后第 318 天(飞行完成后 22 天)的 72h 内总孵出率,仍显著高于不受处理的飞行组卵,这也表明磁场处理的潜在生物学作用在卤虫卵中的存在是相当持久的。

三、讨 论

我们曾两次以我国沿海产的卤虫卵搭乘卫星飞行,所见到的飞行卵早期发育速度变慢的结果^[4,5],在这次搭载实验中第三次见到(图 2),三次无一例外,表明这种生物学现象是检测空间飞行对卤虫卵不利影响的灵敏而又稳定的指标。据文献报道,卤虫的休眠冬卵在地面上是很能耐受不良环境作用的,例如高温、低温、高真空、辐射^[6]及干燥^[7]等因素。在空间飞行中主要有两种难于排除的对生物不利的作用因素,一个是微重力,另一个是高能重粒子辐射。在本次空间飞行中卤虫卵所受的辐射总剂量极小,不足 100mrad,因而可以推想,在影响卤虫卵发育的空间因素中,微重力的作用可能是至关重要的。

本实验中见到不均匀恒磁场处理干燥的卤虫卵,会在一定范围内提高其早期发育速度及总孵出率,并提高卤虫卵对空间飞行不利因素的耐受力,同时加速卤虫卵在飞行中所受影响的恢复(图 2,3)。另一个值得注意的现象是磁场处理作用的持久性(图 2,3),从处理完毕到最后一次孵育观察,共历时 318 天,磁场处理后的潜在生物学作用,依然在发育中表现出来。

恒磁场对卤虫卵的作用机制问题,目前仍难于作出很有说服力的推测。干燥的卤虫冬卵中有 3864 ± 212 个休眠囊胚细胞,它们是极度缺水的,因而是无代谢的^[7]。据 Clegg^[7] 估计,在其细胞内部即使是小分子也会因缺水而被“冻结”住,无法活动。比较适宜与本结果相对比的前人工作,应是 Pittman 用非均匀恒磁场处理植物干燥种子的实验(种子中的胚胎也是处于缺水的休眠状态)。他先后处理过玉米、豆^[8]和小麦^[9]的种子,处理时将种胚排列向磁场的 N 极,都见到处理后种子在萌发中生长加快,而且在小麦种子中还见到,磁场处理后经过 525 ± 3 天,仍保持着萌发时生长加快的效应^[9],表现出磁场效应的持久性。他认为其作用机制可能是磁场使种子内微量铁磁性金属营养物质移位和酶活性发生潜在变化^[9]。但在我们的实验中,被处理的卤虫卵在磁场中是随机取向的(仍有早期发育加快的结果),因而无法套用 Pittman 的铁磁性物质移位说,但也不能排除酶活性潜在变化的设想。

Barnothy^[10]曾报道,小鼠经恒磁场处理后,对 X 射线的杀伤出现抗性增高,平均死亡率下降 $26.7 \pm 3.2\%$ 。Formicki 和 Winnicki^[11] 还报道,将一种无法在天然分布区以外孵化的多瑙河鲑鱼卵(含水量正常),放在恒磁场中孵化,两次实验结果:孵出率由原来的 0% 分别上升到 80% 和 88%。因此,磁场处理能否防护或补偿空间飞行环境因素对人体的不利影响,虽尚待进一步研究,但看来并不是完全无望的。

本工作是在本所名誉所长贝时璋教授的启迪和热情关怀下进行的,谨致谢忱。

参 考 文 献

- [1] 贝时璋, 生物物理学报, 5(1989), 213—218.
- [2] Silver, I. L. & Tobias, C. A., in *Space Radiation Biology and Related Topics* (Eds. Tobias, C. A. & Todd, P.), Academic Press, New York, 1974, 257—292.
- [3] Nicogossian, A. E. & Parker, J. F., *Space Physiology and Medicine* (NASA sp-447), U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1982, 293—302.
- [4] 何建等, 空间科学学报, 8(1988), 209—214.
- [5] 周启玲等, 空间科学学报, 9(1989), 221—225.
- [6] Iwasaki, T., *Supplement au Bulletin*, Institut International de Froid/International Institute of Refrigeration, Annexe 1973—1975, Paris, France, 1973, 79—88.
- [7] Clegg, J. S., in *Dry Biological Systems* (Eds. Crowe, J. H. & Clegg, J. S.), Academic Press, New York, 1978, 117—153.
- [8] Pittman, U. J., *Canad. J. Plant Sci.*, 45(1965), 549—555.
- [9] Pittman, U. J., *ibid.*, 47(1967), 389—393.
- [10] Barnothy, M. F., in *Biological Effects of Magnetic Fields* (Ed. Barnothy, M. F.), Plenum Press, New York, 1964, 127—131.
- [11] Formicki, K. & Winnicki, A., *Bull. Pol. Acad. Sci. Biol. Sci.*, 34(1986), 29—33.