

肉类的可持续发展： 细胞培养肉的革命

21 世纪最大的挑战之一，就是如何利用有限的土地资源和水资源满足不断增长的人口食品需求。联合国科学家指出，畜牧业是土地退化、生物多样性锐减、全球变暖、大气与水污染等全球环境问题的最主要成因之一

（联合国粮农组织（FAO）2006）。细胞培养肉有利于节约土地和水资源、保护栖息地、减少温室气体排放、杜绝粪肥和抗生素污染，可以帮助人类应对上述挑战。

细胞培养肉更为环保

细胞培养肉和传统肉类一样都是用动物细胞组成的。传统畜牧业体系下，肉制品的来源是动物，而动物则需要被喂食，圈养再宰杀。而动物培养肉的来源则是在培养皿中生长为某一部分或某一种肉的细胞。细胞培养肉供应链和传统肉类具有一些共性，比如种植饲料、管理农场设备和建筑、将产品运往超市。但两者也存在一些关键性的不同。细胞培养肉的生产迅速高效，在此过程中

没有浪费，也没有动物需要被宰杀。农民饲养 20,000 只鸡需要七周的时间，而理论上相同时间内，一个鸡蛋大小的起始培养物在培养设备中生长出的肉量，相当于传统模式的 100 倍。¹

肉类生产是农业环境影响的最主要因素之一。饲养牛、猪和鸡占用了超过四分之三的农业土地，但只占到全球粮食卡路里的 18%、蛋白质的 25%（Mottet 等 2017）。传统肉类对环境的影响来源是多种多样的，如化肥和饲料生产、谷物和动物运输、粪肥和动物自身，因此很难减少。据美国农场主和牧场主联盟（U.S. Farmers & Ranchers Alliance）于 2017 年发布的可持续性报告显示，2005 年至 2011 年牛肉供应链的能源利用与温室气体排放仅仅优化了 2%（USFRA 2017）。相较而言，清洁能源可以使肉类培养设备在寿命周期内的排放降低 40% 至 80%。因此，细胞培养肉能够在满足消费者的肉食需求的同时，减轻对环境的负担。

细胞培养肉有利于保护土地和水资源

肉类培养势必比饲养动物更高效、更节约，所以有利于保护土壤、水、栖息地和其他关键资源。工业化畜牧业需要大量的饲料，而其中大多数饲料都会转化为粪便，而不是肉。研究显示，细胞培养肉的土地使用率相较于禽类高 60% 到 300%，相较于牛肉高 2000% 到 4000%（Hanna L. Tuomisto, Ellis, Haastруп 2014; Mattick 等 2015）。比如说，美国爱荷华州一亩田地每年可以生产 1,000 磅鸡肉。而同样大小的土地可以生产 1,700 到 3,500 磅细胞培养肉。减少肉类生产用的土地，更多土地就有机会用于为人们种植谷物、蔬菜和水果的田地。



¹ 基于密度为 4x10⁷/毫升的初始细胞培养物，产值来源于 Mattick 等研究者 2015 年的报告，与 Putman 等研究者 2017 年的报告中的鸡肉生产数据相比较，以及数值为 0.52 的可食用重量和活鸡体重比例。

细胞培养肉使生产商可以在满足日益增长的动物蛋白需求的同时，消除占用野地种植农作物的压力。

鉴于其高效性，细胞培养肉还可以预防以及中和人类最具破坏性的行为，如清除树林和草地用于动物饲养。细胞培养肉使生产商可以在满足日益增长的动物蛋白需求的同时，消除占用野地种植农作物的压力。这种新颖的方法也有益于减少合成化肥的使用，防治生物由于栖息地被改造为牧场和农田而灭绝（Ceballos, Ehrlich, Dirzo 2017）。关键栖息地的消失，不仅会导致大量生物灭绝，也会破坏水循环、气候和其他人类赖以生存的全球自然系统的稳定性。

细胞培养肉有利于抵御气候变化

细胞培养肉有潜力帮助政府和企业实现气候目标，而无需大改消费方式。一研究发现，在降低食品相关排放的十种方法中，用细胞培养肉替代部分传统肉类的有效性排在第三位。这还不包括降低土地要求的附加优势（Mohareb, Heller, Guthrie 2018）。

- 比如说，
- 改良土壤：将用于饲料种植收成最低的 10% 田地恢复为原始草原，每年土壤中所储藏的二氧化碳可达 4,000 万公吨。
 - 与生物能源合作：在不适于粮食生产的草地和牧场上种植树木和草，可以成为低碳生物燃料，并且改善土壤，恢复生物多样性。
 - 减少森林砍伐：用更少的土地以细胞培养生产更多肉，有利于预防为经营牧场或种植农作物砍伐树木，而这是将气候变化控制在摄氏 2 度以下的关
 - 碳捕获和封存技术：细胞培养的封闭性质可以使生产者在细胞“呼气”时捕获二氧化碳，从而消除肉类生产过程中的二氧化碳排放。

由于细胞培养肉目前没有大规模投入商业生产，它对环境的影响只能基于假设，因此不同研究可能会对其有效性得出不同结论。目前已发表的三项关于细胞培养肉的环境研究所得出的结果都是正面的（Hanna L. Tuomisto, Ellis, Haastrup 2014; H. L. Tuomisto, de Mattos 2011; Mattick 等 2015）。相较于养鸡场而言，细胞培养鸡肉所使用的土地面积将会减少 35% – 67%，营养物污染将会减少 70% 之多²。而细胞培养牛肉的作用更大，土地使用面积减少超过 95%，气候变化排放减少 74% – 87%，营养物污染减少 94%。³

细胞培养鸡肉		细胞培养牛肉		
土地使用面积减少	营养物污染减少	土地使用面积减少	气候变化排放减少	营养物污染减少
35% – 67%	70%	95%+	74% – 87%	94%

以上数字为与 9 项关于美国传统鸡肉和牛肉生产的权威生命周期分析比对后的结果（Putma 等 2017; Nathan Pelletier, Pirog, Rasmussen 2010; N. Pelletier 2008; Kebreab 等 2016; Lupo 等 2013; Capper 2012, 2011; Costello, Xue, Howarth 2015; Gulli 2017）此外，这些结果并不考虑细胞培养肉制造设备为提供生产效率和盈利一般会采取的其他措施，如热交换器、营养物循环利用和清洁能源。这些措施势必会进一步降低对环境的影响。

² 生产 1 吨的细胞培养肉需要 0.6 亩（Tuomisto 等 2014）到 1.2 亩（Mattick et al. 2015）的田地。
³ 生产 1 吨的细胞培养肉会制造 3 – 4 吨（Tuomisto 等 2014）到 7.5 吨（Mattick 等 2015）相当于二氧化碳的温室气体排放，以及 7.9 千克的磷酸的水体富营养化污染（Mattick等2015）。

细胞培养肉有利于减少污染，拯救生命

细胞培养肉由于不产生粪便，故可以规避工业化农业最危险致命的恶果之一。全美畜牧业每年会制造超过 10 亿吨的粪便，污染农村的水和大气，传播疾病（美国国家环境保护局（EPA）2013）。饲养猪、牛和鸡的农民必须处理上千个源头的污染物，而在细胞培养肉体系下，可以从一个源头控制和处理细胞培养基和其他污染物。这种集中化的处理方式还可以从经济上鼓励生产者回收有价值的营养物。研究表明，细胞培养肉可以缓解富营养化（即水体中营养物过剩，导致藻类泛滥，以至于湖泊和海洋变成死水区），与鸡肉相比降低 75%，与牛肉相比降低 98%（Mattick 等 2015; Putman 等 2017）。这是因为培养基是一种严格控制的封闭系统，细胞培养肉的生产可以完全消除有毒气体污染。

食品安全：抗生素耐药性和细菌污染

与此同时，细胞培养肉还会消除对于人类健康威胁最大的两大农业污染：食源性疾病和抗生素耐药性。细胞培养肉会减少食品系统所造成的粪便，每年帮助成千上万的美国人免受因为食用受到动物污染的肉类和蔬菜而引发的疾病困扰。在美国，大多数抗生素以低剂量的形式作为生长促进剂喂饲给工业化农场里饲养的动物，以避免疾病滋生，保障动物存活（Hakim 2018; Harvey 2018）。但这种做法让细菌对人类会使用的药物产生耐药性。英国政府发布的一项报告预计抗生素耐药性将在 2050 年前造成 100 万亿美元的全球经济损失（O’Neill 2016）。而细胞培养肉无需常规性地使用抗生素，因此可以避免这种威胁，每年拯救数以百万计的生命。

举例

工业化农业造成的水污染不仅仅是某一个地区的问题，也是一个全球性问题。在美国，粪便和肥料污染了长达数千里的水道，危害饮用水、损毁栖息地，并造成墨西哥海湾、切萨皮克湾以及其他沿海水域大片成为死水。美国国家环境保护局（EPA）以 2016 年为基础，希望可以在 2025 年前将氮污染水平降低 24,000 吨。只要用细胞培养肉替代流域内的工业化养鸡场，就可以减少鸡粪肥中的氮污染，实现减氮目标。

结语

细胞培养肉透过保护农业资源、消除大气污染和水污染的主要源头，能够降低食品生产对环境的影响，有利于实现可持续发展的各项目标。提升土地和水的使用效率，有利于节约自然资源。细胞培养肉也能在多个潜在方面降低食品系统的碳排放，抵御气候变化。而消除粪便污染、停止将抗生素作为生长促进剂使用，还可以提升农村地区的健康水平、修复美国水道，并保障病人有药可医。总而言之，细胞培养肉为企业、城市和国家打造更为健康、高效和公正的食品系统提供了一个长久的良方。

参考资料

- Dewey-Mattia, Daniel, Karunya Manikonda, Aron J. Hall, Matthew E. Wise, and Samuel J. Crowe. 2018. "Surveillance for Foodborne Disease Capper, J. L. 2011. "The Environmental Impact of Beef Production in the United States: 1977 Compared with 2007." *Journal of Animal Science* 89 (12): 4249-61.
- . 2012. "Is the Grass Always Greener? Comparing the Environmental Impact of Conventional, Natural and Grass-Fed Beef Production Systems." *Animals* 2 (2): 127-43.
- Ceballos, G., P. R. Ehrlich, and R. Dirzo. 2017. "Biological Annihilation via the Ongoing Sixth Mass Extinction Signaled by Vertebrate Population Losses and Declines." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (30): E6089-96.
- Costello, Christine, Xiaobo Xue, and Robert W. Howarth. 2015. "Comparison of Production-Phase Environmental Impact Metrics Derived at the Farm- and National-Scale for United States Agricultural Commodities." *Environmental Research Letters* 10 (11): 114004.
- EPA. 2013. "Literature Review of Livestock and Poultry Manure and Implications for Water Quality." Washington, DC: Office of Water.
- FAO. 2006. "Livestock's Long Shadow."
- Gulli, Alexandra. 2017. "A Comparative Analysis of Feed and Environmental Factors on Broiler Growth in the United States." Edited by Greg Thoma. MS, Fayetteville, AR: University of Arkansas, Fayetteville. <http://scholarworks.uark.edu/etd/2488>.
- Hakim, Danny. 2018. "At Hamburger Central, Antibiotics for Cattle That Aren't Sick." *New York Times*, March 23, 2018. <https://www.nytimes.com/2018/03/23/business/cattle-antibiotics.html>.
- Harvey, Fiona. 2018. "Huge Levels of Antibiotic Use in U.S. Farming Revealed." *Guardian*, February 8, 2018. <https://www.theguardian.com/environment/2018/feb/08/huge-levels-of-antibiotic-use-in-us-farming-revealed>.
- Kebreab, E., A. Liedke, D. Caro, S. Deimling, M. Binder, and M. Finkbeiner. 2016. "Environmental Impact of Using Specialty Feed Ingredients in Swine and Poultry Production: A Life Cycle Assessment." *Journal of Animal Science* 94 (6): 2664-81.
- Lupo, C. D., D. E. Clay, J. L. Benning, and J. J. Stone. 2013. "Life-Cycle Assessment of the Beef Cattle Production System for the Northern Great Plains, USA." *Journal of Environmental Quality* 42 (5): 1386-94.
- Mattick, C. S., A. E. Landis, B. R. Allenby, and N. J. Genovese. 2015. "Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States." *Environmental Science & Technology* 49 (19): 11941-49.
- Mohareb, E. A., M. C. Heller, and P. M. Guthrie. 2018. "Cities' Role in Mitigating United States Food System Greenhouse Gas Emissions." *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02600>.
- Mottet, Anne, Cees de Haan, Alessandra Falcucci, Giuseppe Tempio, Carolyn Opio, and Pierre Gerber. 2017. "Livestock: On Our Plates or Eating at Our Table? A New Analysis of the Feed/food Debate." *Global Food Security* 14 (September): 1-8.
- O'Neill, Jim. 2016. "Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations." London, UK: Review on Antimicrobial Resistance. https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf.
- Pelletier, N. 2008. "Environmental Performance in the US Broiler Poultry Sector: Life Cycle Energy Use and Greenhouse Gas, Ozone Depleting, Acidifying and Eutrophying Emissions." *Agricultural Systems* 98 (2): 67-73.
- Pelletier, Nathan, Rich Pirog, and Rebecca Rasmussen. 2010. "Comparative Life Cycle Environmental Impacts of Three Beef Production Strategies in the Upper Midwestern United States." *Agricultural Systems* 103 (6): 380-89.
- Putman, Ben, Greg Thoma, Jasmina Burek, and Marty Matlock. 2017. "A Retrospective Analysis of the United States Poultry Industry: 1965 Compared with 2010." *Agricultural Systems* 157: 107-17.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, et al. 2015. "Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet." *Science* 347 (6223): 1259855.
- Tuomisto, Hanna L., Marianne J. Ellis, and Palle Haastrup. 2014. *Environmental Impacts of Cultured Meat: Alternative Production Scenarios*. Edited by Rita Schenck and Douglas Huizenga. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. San Francisco: ACLCA.
- Tuomisto, H. L., and M. J. de Mattos. 2011. "Environmental Impacts of Cultured Meat Production." *Environmental Science & Technology* 45 (14): 6117-23.
- USFRA. 2017. "Agriculture in America Sustainability Report 2017." Chesterfield, MO: U.S. Farmers and Ranchers Alliance. http://www.fooddialogues.com/wp-content/uploads/2017/06/FR_Sustainability-Report-2017-FNL-v7.pdf.

本報告原文為英文

编写 THE GOOD FOOD INSTITUTE

翻译 THE GOOD FOOD INSTITUTE ASIA PACIFIC

简体中文版唯一授权发行方 谷孚商务信息咨询(上海)有限公司

GFI-APAC.ORG

GFI-APAC 是在香港注册成立的非营利性公司。

GFI.ORG

POWERED BY PHILANTHROPY.

GFI IS A NONPROFIT 501(C)(3) ORGANIZATION.

POL-FS-CULTIVATED MEAT-2018-0824

