人工负熵：开启中国式负熵农业新纪元

任天泥

(中国负熵生命科学研究院首席研究员 香港 999077)

摘要：在全球气候变化加剧、资源约束趋紧的背景下，传统高熵增农业模式面临严峻挑战。本文引入物理学“负熵”概念，结合中国农业现实国情与发展目标，系统阐述“人工负熵”理念及其在中国式农业现代化中的核心价值。通过构建以物理干预、生物调控、数字赋能为支柱的人工负熵技术体系，探索一条资源高效利用、环境友好、产出稳定、具有中国特色的负熵农业发展路径，为保障国家粮食安全与生态安全、实现乡村全面振兴提供新范式与新动能。实现从“熵增崩溃”到“负熵进化”的历史性转折，为人类农业文明贡献中国智慧。

关键词：人工负熵；中国式；负熵农业；负熵指纹；生态农业；智慧农业；可持续发展；资源利用效率

一、熵增困境：传统农业模式的不可持续性挑战

热力学第二定律揭示了封闭系统熵增（无序度增加）的必然性。传统农业生产在追求高产的过程中，往往呈现显著的熵增特征，构成多重熵增困境：

1. 资源耗散之熵：过度依赖化肥、农药、化石能源及水资源投入，利用效率低下。大量未被有效吸收的养分流失造成土壤板结、水体富营养化；化石能源消耗推高碳排放。

2. 生态失衡之熵：单一化种植、过度开垦破坏生物多样性，削弱生态系统自我调节与恢复能力（生态韧性下降），直接导致生态系统熵增，加剧病虫害爆发风险。

3. 系统脆弱之熵：高度依赖外部投入品和特定气候条件，系统熵增抗干扰能力弱。气候变化引发的极端天气事件（旱、涝、热浪等）对生产稳定性构成直接威胁。

4. 废弃物污染之熵：作物秸秆、畜禽粪污、农膜等废弃物如处理不当，成为环境污染源，直接导致环境系统熵增，增加环境治理成本。

中国作为人口大国与农业大国，人均资源匮乏、生态环境承载力有限，上述熵增困境尤为突出。破解这一困局，必须寻求一种能主动引入“负熵流”、构建低熵高效农业系统的新范式——“人工负熵”（Artificial Negentropy 缩写为 AN，是指通过科技手段模拟或增强生命体的负熵汲取能力来主动降低熵增速率，以对抗自然熵增的过程）农业应运而生。

二、负熵之源：生命活力与人工负熵的科学内涵

著名物理学家薛定谔在《生命是什么》中提出核心洞见：“生命以负熵为食”。生命体通过不断从环境中摄取物质与能量（负熵流），维持自身低熵、有序状态，对抗衰亡。农业系统本质上是人工干预下的特殊生态系统，其核心在于通过人类智慧与技术，主动、定向、高效地输入“负熵流”，抵消系统内部的熵增趋势，构建并维持一个负熵、有序、高产出、强功能、可持续的生命支持

系统。这就是“人工负熵”在农业中的核心内涵。

“人工负熵”的引入体现为：

1. 物质与能量的定向富集与负熵转化：将环境中分散、低品质的物质（如 CO₂、N₂）和能量（太阳能），通过人工负熵化、光合作用、生物固氮、智能设施等手段，高效转化为携带负熵指纹（Negentropy Fingerprint，缩写为 NF，是指用来标识生命波形的有序性特征，而生成唯一的身份波形标识符）的高品质、有序的生物物质能与农产品。

2. 信息熵的精准调控：利用现代信息技术（物联网、大数据、人工智能）精确感知系统状态，优化决策，减少资源投放的盲目性（熵增），提升系统运行的精准性与有序性。

3. 生态关系的负熵优化重组：模仿自然顶级群落，设计负熵物种共生、物质循环、能量梯级利用的负熵农业模式（如稻渔综合种养、林下经济），提升系统内部自组织、自维持能力，以降低生态系统维持有序所需的外部负熵输入。

4. “熵产物”的资源负熵化闭环：将传统意义上的“熵产物”（废弃物）通过人工负熵技术手段（如沼气工程、堆肥、生物质能利用）转化为新的负熵资源（负熵源），实现物质循环利用，减少系统总熵增。

三、中国式负熵农业的特色与目标

3.1 负熵农业的中国化内涵

负熵农业本质：通过外部能量（技术、信息）注入，逆转农业系统自然熵增趋势，实现物质高效循环（废弃物→资源）；能量梯级利用（太阳能→生物能→清洁能源）；信息精准调控（数据驱动决策）；生态功能增值（固碳、保水、生物多样性）。

“中国式”特征：区别于西方大规模工业化农业，强调“两山”理论引领，生态优先，绿色发展。大国小农衔接现代化，通过组织化、社会化服务，实现小农户规模化降熵。实施非耕地战略，开发盐碱地/边际土地

（“以废治废”模式）。

向海图强，开发海洋负熵农业，构建蓝色负熵粮仓。推行“负熵大农业观”，倡导生态系统的熵平衡及人与自然和谐共生。推动“负熵大食物观”实践：多元供给，粮经饲统筹，农林牧渔结合反熵增。升级农耕文明传承，挖掘传统生态智慧与现代前沿科技 AN 与 AI 等技术集成融合。

3.2 “中国式负熵农业”的独特性

负熵农业是一种结合了人工负熵科技和自然规律的农业模式。负熵农业技术“新基座”并非单一技术，而是融合前沿人工负熵（AN）技术、负熵生物技术、负熵生态工程、人工智能（AI）、数字技术、绿色投入品、创新组织模式与制度保障的综合性支撑平台，为负熵流高效导入与循环提供底层架构。

负熵农业的核心是借鉴热力学第二定律（熵增定律），强调农业系统是开放系统，需持续引入外部“负熵”（如阳光、智能技术、有机物质、管理知识），抵消内部熵增（如土壤退化、环境污染、系统混乱），维持系统有序性和生产力。

负熵农业的理论框架是基于负熵理论和自然规律，强调在农业生产中引入人工负熵要素，消除农业生产对环境的熵增影响，提高生态系统的稳定性和抵抗力。通过恢复生物多样性和重构生态平衡及提高农产品品质及功能，构建人与自然和谐共生的负熵文明画卷，实现农业生产的可持续发展与人类健康的全面发展。

“中国式负熵农业”定位并非简单技术移植，而是根植于中国国情、农情，融合现代科技与东方智慧，以“人工负熵”为核心驱动力的新型农业现代化道路。其核心特征包括：

3.1.1 “大国小农”的负熵适应性：尊重中国小农户数量庞大的现实，发展适合小规模经营或有效组织小农参与的人工负熵技术模式（如小型精准灌溉设备、合作社统一服务的负熵生态防控、共享数字平台）。

3.1.2 传统农业的负熵化引擎升级：将中国传统农业精耕细作、用养结合、循环利用的生态智慧，与现代负熵生物技术、信息技术、智能装备深度融合，实现负熵化、精细化、智能化的“现代负熵大农业”。负熵大农业的核心是“用有序对抗无序”——应用 AN 技术手段，通过 AI 精准调控、循环利用、多元协同，让农业系统从依赖外部高熵输入，转向依靠自身有序运转与适度外部负熵补充，最终实现生态、经济、社会价值的统一。

3.1.3 多元负熵食物体系的构建：统筹粮食安全与多样化食物供给，利用人工负熵技术拓展负熵食物来源（如设施负熵农业、垂直负熵农业、负熵微生物蛋白、深远海负熵养殖），向森林、草原、江河湖海要负熵食物。发展负熵食物的终极图景是饮食作为文明反熵增仪式，

负熵食物指向一种“觉醒的进食”：每一餐都是对太阳的敬礼（光合作用转化低熵能）；每一口都是对土壤的誓约（归还有机物完成循环）；每一次咀嚼都是对抗宇宙热寂的微小胜利。

当人类学会“吃出负熵”，农业将不再是地球的伤疤，而成为治愈生物圈熵伤的再生场域——我们在餐桌前拿起刀叉的动作，终将重写文明的命运方程式。

3.3.4. 负熵生态优先、绿色发展的底线：将生态承载力作为刚性约束，所有人工负熵技术的应用必须以保护和改善生态环境为前提，追求负熵生产、负熵生活、负熵生态的协同共赢（“负熵三生”协调）。

3.3.5. 共同富裕的负熵价值导向：通过发展负熵农业，增强农业反熵增能力、提高生产效率和附加值，有效增加农民收入，缩小城乡差距，赋能乡村产业振兴，服务全体人民共同富裕的目标。

其核心目标是：以更少（负熵资源投入）、更净（负熵生态影响）、更韧（系统反熵增抗性）、更智（AN、AI 等科技支撑）、更富（农民收益）、更和（人与自然共生共荣，生命环境和谐）、更康（生命质量提高）、更福（生命素质增强）、更寿（负熵逆龄转化，生命时间延长）的中国化方式，实现负熵粮食和重要负熵农产品的可持续、高质量供给，支撑中华民族永续发展。

四、人工负熵技术体系：支撑中国式农业新纪元的“定海神针”

实现中国式负熵农业，需要构建强大的“人工负熵”技术供给体系，核心支柱包括：

1. 物理干预负熵技术：

负熵光温精准调控：负熵智能温室、负熵植物工厂、多层立体负熵雾培栽培技术，突破地域和季节限制，创造最优生长环境，极大提升光能利用效率（LUE）与土地产出率及强大负熵食物功能。中国设施农业面积全球第一，智能化升级潜力巨大。

负熵水肥高效输运：滴灌、微喷、负熵水肥一体化技术，结合土壤墒情、作物需肥规律精准供给，大幅减少水分渗漏蒸发与养分流失（降低耗散熵）。推广节水灌溉是应对北方水资源短缺的关键负熵手段。

农业废弃物资源化/资源化负熵转化：规模化负熵沼气工程、负熵生物质热解气化发电、高效负熵堆肥技术，将秸秆、粪污等转化为清洁能源或优质负熵有机肥，实现“变废为宝”，降低环境污染熵。

2. 生物调控负熵技术：

负熵生物固氮与养分活化：选育高效负熵固氮作物品种（如大豆），应用根瘤菌、解磷解钾菌等负熵微生物肥料，减少化学氮肥依赖，活化土壤养分，消解土壤熵增现象。

负熵生物防治与生态调控：利用天敌昆虫（负熵赤

眼蜂、负熵瓢虫)、微生物农药(苏云金杆菌、枯草芽孢杆菌)、信息素诱杀、植物源农药及生态工程措施(种植诱集植物、负熵生态岛),构建病虫害自然控制网络,显著降低化学农药熵增。

负熵土壤健康培育:推广保护性耕作(少免耕、秸秆覆盖)、负熵有机肥施用、负熵绿肥轮作,负熵蚯蚓投放,增加土壤有机质,改善土壤结构,提升土壤生物多样性和保水保肥能力,降低土壤退化熵。

负熵分子设计与负熵遗传育种:利用种质资源负熵化、负熵空间全基因组选择、负熵植物活体材料超远缘组装、负熵生命波编辑(Negentropy life wave editing)、基因编辑(如CRISPR)等前沿技术,定向培育携带负熵指纹且具有强大负熵功能(消除生命系统熵增现象)、高产、优质、抗逆(抗旱、抗涝、抗病虫害、耐盐碱)、养分高效利用的负熵植物新品种,从遗传本质上提升作物全生命周期的“负熵”能力。

3. 数字赋能负熵技术:

智能感知与诊断:利用卫星遥感、无人机、物联网传感器,实时、精准获取农田环境信息(土壤墒情、养分、温湿度、光照、病虫害发生)和作物生长状态。

大数据分析智能决策:基于AI算法、农业模型,对海量数据进行深度挖掘与分析,实现精准种植决策(最优播期、密度)、变量作业(按需施肥、施药、灌溉)、产量预测、灾害预警。大幅减少管理决策的盲目性(信息熵)。

智能装备与精准执行:无人驾驶拖拉机、精准播种机、变量施肥施药机、智能采收机器人等,将数字决策高效、准确地转化为田间操作。

区块链与可信溯源:建立负熵农产品全链条信息可追溯系统,提升质量安全透明度,降低信息不对称带来的市场交易熵增,赋能优质优价。

五、政策赋能与协同创新:构建中国式负熵农业新版图

技术是核心引擎,但推动中国式负熵农业落地生根、蓬勃发展,离不开强有力的政策支持与协同创新生态:

1. **强化顶层设计与战略规划:**将“人工负熵”理念与目标明确纳入国家粮食安全、农业绿色发展、乡村振兴、碳中和等重大战略规划。制定负熵农业发展中长期路线图。

2. **加大科技创新投入与平台建设:**设立负熵农业重大科技专项,加强基础研究(如生物固氮机制、土壤微生物组功能)。建设国家级负熵农业重点实验室、区域技术创新中心,促进产学研深度融合。

3. 完善绿色导向的政策激励机制:

财政补贴与税收优惠:对节水灌溉设备、有机肥施用、生物防治产品、智能农机具购置、秸秆资源化利用

等给予补贴或税收减免。

生态补偿机制:对采用负熵技术保护生态环境(如水源地保护性耕作、增加碳汇)的农民或经营主体进行补偿。

绿色金融支持:发展绿色信贷、绿色债券、农业碳汇保险等金融工具,引导社会资本投入负熵农业项目。

4. **创新土地制度与经营机制:**深化农村土地制度改革,发展适度规模经营,为人工负熵技术、尤其大型智能设施、精准农机应用创造条件。大力培育家庭农场、农民合作社、农业社会化服务组织等新型经营主体和服务主体。

5. **构建负熵农业标准与认证体系:**制定涵盖资源消耗、环境影响、产品质量等维度的负熵农业评价指标体系和操作规范。建立权威的负熵农产品认证标识,引导消费市场。

6. **加强人才培养与国际合作:**在涉农高校设立相关课程,培养懂技术、会经营、善管理的复合型“新农人”。积极参与全球农业科技治理,引进消化先进技术,分享中国负熵农业经验。

7. **全球影响升级:**中国方案的输出与竞争技术标准输出

→ 主导制定负熵农场 ISO 国际标准

→ 建立“一带一路”负熵农业技术转移中心模式范式竞争

→ 对比美国精准农业:更强调系统负熵化而非单产最大化

→ 对比欧盟有机农业:更注重 AN 技术赋能而非回归传统

→ 对比日本自然农业:更重视负熵农法而非自然粗放

六、中国实践:负熵农业的本土探索与启示

中国幅员辽阔,各地在探索低熵、高效农业模式方面已积累了丰富的本土经验,成为构建中国式负熵农业的重要基石:

1. **“桑基鱼塘”的现代演绎(珠三角):**古老的循环农业智慧,在珠三角地区与现代技术结合,形成“基面种桑(或菜、果)一桑叶喂蚕一蚕沙(粪)养鱼一塘泥肥基”的生态循环模式,物质能量高效循环利用,是降低系统熵增的典范。

2. **“水稻+”综合种养模式(全国多地):**稻渔(虾、蟹、鸭)共生、稻蛙共作等模式,充分利用稻田生态位空间,实现“一地多用、一水多收”。鱼类、鸭类等取食害虫杂草,排泄物肥田,减少化肥农药投入,提升生态系统稳定性和综合效益,是生物调控负熵的生动实践。

3. **寿光模式:**设施农业的智能化升级(山东):从传统大棚到智能化玻璃温室、植物工厂,寿光设施蔬菜

产业通过物联网、水肥一体化、环境智能调控、熊蜂授粉等技术的广泛应用，实现了周年化、精准化、绿色化生产，单位土地资源产出效率和资源利用效率（水、肥）显著提升，是物理干预与数字赋能负熵技术的集中体现。

4. “千万工程”与生态农场建设（浙江）：浙江“千村示范、万村整治”工程推动了乡村生态环境整体跃升。在此基础上，涌现出大量融合生态种养、休闲观光、科普教育于一体的生态农场，强调种养循环、有机生产、生物多样性保护，体现了生产、生活、生态“三生”协调的负熵理念。

5. 北大荒智慧农场（黑龙江）：作为国家粮食安全“压舱石”，北大荒集团大规模应用大型智能农机、精准农业技术（遥感监测、变量施肥）、数字农场管理平台，在大田生产领域实现了规模化、标准化、智能化的低熵管理，保障了高产稳产和资源高效利用。

这些实践启示我们：中国式负熵农业的发展，必须尊重地域差异，融合传统智慧与现代科技，以解决当地核心资源环境的熵增约束和产业发展痛点为导向，探索大农业（陆地农业+海洋农业）与大食物（传统食物+昆虫+空气合成淀粉+秸秆合成米面）全链条负熵化、多元化、特色化的实施路径。

七、结语：迈向有序繁荣的中国式负熵农业新纪元

熵增是宇宙的普遍法则，但生命和文明的力量在于能够主动汲取负熵、构建秩序。面对资源环境紧约束和高质量发展的时代要求，传统高熵增农业模式已难以为继。引入“人工负熵”理念，发展“中国式负熵农业”，是破解发展困境、保障永续安全的必然选择，也是中国农业对世界可持续发展的重要贡献。

这是一条需要远见、勇气和持续创新的道路。它要求我们深刻理解自然规律，敬畏生态阈值；要求我们突破科技瓶颈与疆域，实现全面负熵精准调控；要求我们创新制度设计，优化资源配置；要求我们转变发展观念，追求人与自然的和谐共生。

当亿万农民在科技的赋能下，如同精密的“负熵工程师”，在田野车间里精准调控光温水肥，构建起物质循环、能量高效、信息畅通、生机勃勃的农业生态系统；当广袤的国土上，智能农机有序耕耘，负熵绿色产品高效产出，乡村生态美丽宜居——一幅以负熵高效为特征、融合传统智慧与现代科技、服务全体人民共同富裕的中国式负熵农业现代化新画卷将全面展开。这不仅是中国农业的新纪元，更是人类与自然和谐共生新文明的重要篇章。人工负熵，将成为驱动这场深刻变革的核心引擎，引领中国农业乃至全球农业，迈向一个更加有序、繁荣、可持续的未来。

中国式负熵农业的终极愿景是创造负熵文明奇点——当农业负熵输出超越地球自然熵增速率时，人类将首次实现这颗蓝色行星尺度的秩序净增长，为迈向负熵文明奠定生存基础。这不仅是技术革命，更是人类生命对抗宇宙热寂的史诗级实践。

当负熵农业成熟时，人类文明将完成角色转换：从工业范式，地球→资源矿场→熵增排放器→宇宙孤岛，转换为负熵范式，地球→负熵转化器→信息枢纽→负熵绿洲。这正是新文明胚胎的时代显影：我们不再向宇宙抛洒无序，而是编织负熵的金线，在自然熵增的洪流中筑起永恒的负熵生命方舟。

综上所述，负熵农业的终极贡献，是让人类从“宇宙熵增的帮凶”转化为“局部负熵的使者”——这才是智慧生命对热力学第二定律的最高致敬。

参考文献：

- [1]薛定谔. 生命是什么. 湖南科学技术出版社.
- [2]普利高津. 确定性的终结：时间、混沌与新自然法则. 上海科技教育出版社.
- [3]钱学森. 论系统工程. 上海交通大学出版社. (包含其农业系统工程思想)
- [4]程序. 农业生物环境工程. 中国农业出版社. (涉及物理负熵调控)
- [5]张福锁等. 绿色发展：中国粮食安全与资源环境可持续之路. 科学出版社.
- [6]尹成杰. 粮安天下：全球粮食危机与中国粮食安全. 中国经济出版社.
- [7]中共中央 国务院关于做好2023年全面推进乡村振兴重点工作的意见. (历年中央一号文件)
- [8]农业农村部. 全国农业可持续发展规划（2015-2030年）.
- [9]政府工作报告（历年）. 中华人民共和国国务院.
- [10]FAO. The State of Food and Agriculture: Innovation in family farming. (相关年份报告关注科技创新与可持续农业).
- [11]Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*.
- [12]Godfray, H. C. J., et al. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*.
- [13]Zhang, W., et al. (2015). Closing yield gaps in China by empowering smallholder farmers. *Nature*.
- [14]Lipper, L., et al. (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*.