

土地癌化及其防治*

黄建平^{①②†}, 富丽^②, 李昶豫^①, 黄季平^①

①兰州大学 西部生态安全省部共建协同创新中心, 兰州 730000; ②兰州大学 大气科学学院半干旱气候变化教育部重点实验室, 兰州 730000

摘要 由于全球变暖、城市化、荒漠化等一系列问题, 地球的健康状况正在下降, 这严重威胁着生态安全和社会的可持续发展。当土地无法通过光合作用产生足够的氧气时, 其储水能力逐渐丧失, 触发“高温-干旱”相互加强的正反馈循环。基于此, 文章将地球视为一个生命体, 提出了土地癌化的概念及其诊断方法, 以量化土地的健康状况。文章还通过构建癌化土地指数(cancer land index, CLI), 发现全球超过一半(53%)的土地面积正面临着癌化的威胁。癌化土地开始于产氧量低的沙漠和干旱区, 以及耗氧量高的大城市和工业区, 并逐渐向周边地区蔓延。这一过程类似于人体癌细胞扩散, 标志着地球健康的恶化。文章通过对土地癌化概念的深入研究和癌化面积的检测, 提出针对自然癌化土地和人为癌化土地的相应防治对策和建议, 力争在早期发现和阻止土地癌化, 保护地球的整体健康。

关键词 土地癌化; 癌化土地指数; 陆面反馈机制; 气候变化; 生态治理

众所周知, 癌症是一种由癌细胞组成的恶性肿瘤, 而癌细胞由于侵袭性生长和无限制细胞分裂破坏正常体组织。研究表明, 缺氧是癌细胞生存和增殖的根本原因^[1-2]。如果未能及早发现并抑制其扩散, 癌细胞将会贪婪地吸收周围健康细胞的营养, 严重威胁人体健康, 最终可能导致死亡。类似于人体癌症的发展, 地球生态系统也面临着相似的病态现象。当地球上某些区域因缺水, 植物无法通过光合作用产生足够的氧气时, 这些区域会侵蚀并逐渐破坏周围的环境, 形成更多的沙漠或旱地, 这些区域被定义为自然癌化土地。同时, 随着人口迁移和城市化的加速, 特大城市和集中的工业区不仅增加了对淡水资源的消耗, 还导致植被退化, 这些区域被定义为人为癌化土地。总癌化土地包括上述的自然癌化土地和人为癌化土地。由于环境恶化和资源耗竭, 这些

区域无法维持健康的生态系统, 形成生态退化的恶性循环。

因此, 本文提出了“土地癌化(land cancer)”的概念, 指出沙漠和干旱区以及大城市和工业区是“癌化土地”的起点, 这些区域资源匮乏, 无法提供生命活动所必需的氧气和水, 且具有向周边地区蔓延的趋势(图1)。癌化土地越多, 产生的氧气就越少, 导致氧收支失衡, 淡水和植物的损失也愈加严重, 进而减少了维持生态系统结构稳定以及生物生命所需的健康土地, 对地球的整体健康造成严峻的挑战。本文还从两个方面总结了癌化土地的防治措施: 一是通过生态修复工程和促进氧气的产生来防治自然癌化土地; 二是通过减少氧气消耗和限制化石燃料的燃烧来防治人为癌化土地。这些措施对维护地球生态平衡和促进可持续发展具有重要意义。

* 国家自然科学基金项目(41991231、42041004、41888101)

† 通信作者, 中国科学院院士, 研究方向: 氧循环与半干旱气候研究。E-mail: hjp@lzu.edu.cn



图1 土地癌化的示意图

1 癌化土地指数的构建

癌化土地指数(cancer land index, CLI)的构建与地球系统的五个重要的循环密切相关,即生物循环、氧循环、碳循环、水循环和能量循环,旨在识别和定量评估全球陆地的健康状况(图2)。其中,与氧相关的参数,如人为耗氧量、植被光合作用,表示生态系统的活动。升温 and 干旱的变化,如降水、潜在蒸散发和温度,则表示气候变化的影响。我们将癌化土地指数^[3]定义为

$$CLI = \left(\frac{O_c}{O_p} \times T_m \times \frac{1}{AI} \right)^{\frac{1}{3}} \times 10,$$

式中 O_c (oxygen consumption)为陆地耗氧量, O_p (oxygen production)为陆地产氧量, T_m (temperature magnification)为温度放大率, AI(aridity index)为干旱指数。以CLI为定量指标,将 $CLI \geq 1.1$ 的区域定义为癌化土地,并进一步细分为重度癌化土地($CLI \geq 1.9$)、轻度癌化土地($1.4 \leq CLI < 1.9$)和亚健康土地($1.1 \leq CLI < 1.4$), $CLI < 1.1$ 的区域

为健康土地。

图2展示了构成CLI的四个变量以及全球土地癌化状况的空间分布。从氧循环的角度来看,耗氧量较大的区域主要位于北美东部、欧洲、东亚和印度(图2(a)),这些地区人口密集、工业化发达或农业活动集中。产氧量较高的区域主要集中在南美洲的亚马孙森林、非洲的刚果盆地以及东南亚(图2(b)),这些区域被认为是地球上重要的氧气“生产厂”。从气候变化的角度看,大多数地区的地表气温均呈上升趋势(图2(c)),但北美东部、南美西部和非洲中部增温幅度相对较小,同时这些区域的产氧量也较高。干旱指数(AI)是降水量与潜在蒸散发的比值^[4-5],反映了干旱区主要位于沙漠及其周边地区,而东亚、南美洲北部和东南亚则属于湿润地区(图2(d))。

从CLI值的空间分布可知,癌化土地占全球陆地面积($60^{\circ}\text{S} \sim 60^{\circ}\text{N}$)的53%,其中亚健康土地、轻度癌化土地和重度癌化土地面积占比分别为13.3%、16.4%和23.3%。此外,沙漠覆盖了

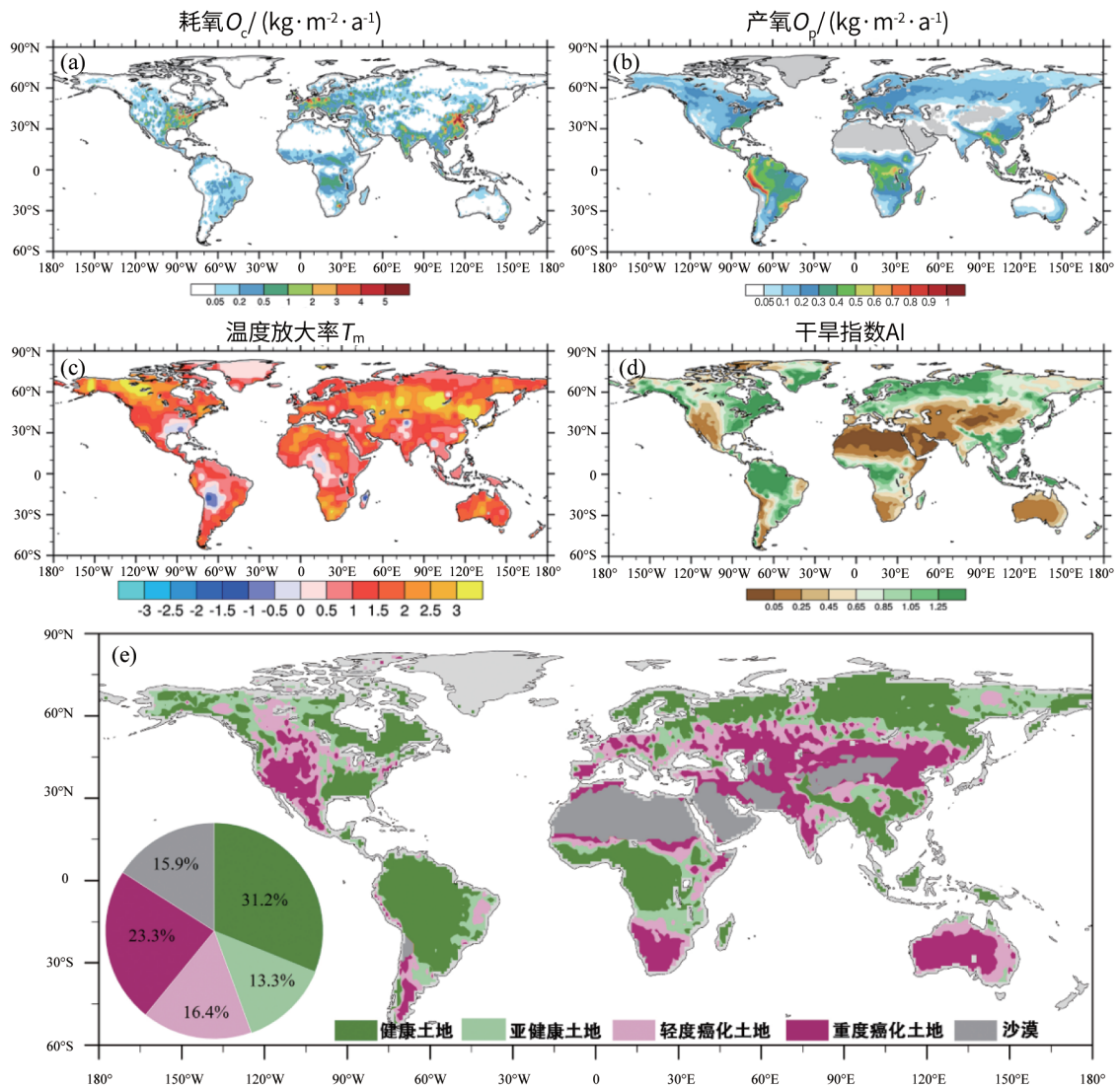


图2 四个变量以及癌化土地指数(CLI)的空间分布: (a) 2000—2015年平均耗氧量(O_c)的空间分布; (b) 2000—2015年平均产氧量(O_p)的空间分布; (c) 2000—2015年平均干旱指数(AI)的空间分布; (d) 2000—2015年平均温度放大率(T_m)的空间分布; (e) 2000—2015年平均癌化土地指数的空间分布, 插入的饼图代表基于2000—2015年CLI观测值的不同地表类型(60°S ~ 60°N)的面积覆盖率

全球15.9%的土地(图2(e))。从空间分布来看, 重度癌化土地主要分布在沙漠边缘以及工业和人口密集区; 轻度癌化土地分布在澳大利亚、北美、欧洲、非洲南部和中亚的部分干旱地区; 亚健康土地主要分布在半干旱区和放牧区, 这些区域光合作用产生的氧气不能弥补氧气的消耗。相比之下, 全球被定义为健康土地面积约占全球陆地面积(60°S ~ 60°N)的31.2%, 健康土地主要分布在生态系统稳定且受人类活动干扰较小的区域, 如南美的部分地区、西伯利亚和中非等。

2 土地癌化的循环与反馈过程

在陆地生态系统中, 植物光合作用被认为是最主要的产氧过程。在这个过程中, 初级生产者吸收太阳光能量, 利用二氧化碳(CO_2)和水(H_2O)形成碳水化合物(CH_2O)和氧气(O_2)。这个过程看似简单, 但它与碳循环、水循环、热循环以及其他生态系统循环之间存在着密切的关联和反馈作用(图3(a))。

随着CLI的增加, 土壤湿度和降水量均呈下

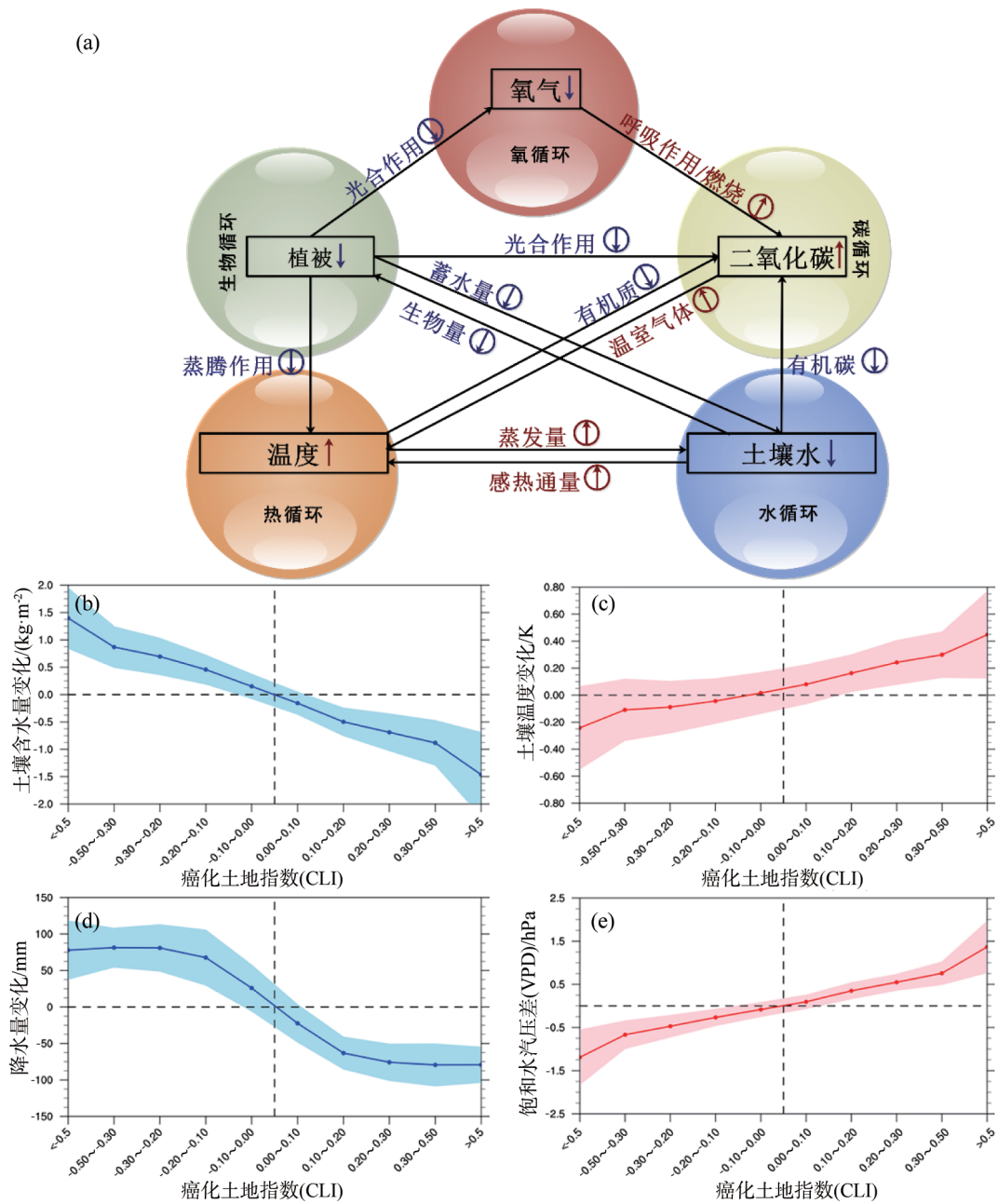


图3 形成土地癌化的循环与反馈过程：(a)形成土地癌化的循环过程；(b) 2000—2015年GLDAS数据集0~10 cm土壤含水量相对于癌化土地指数(CLI)的年际变率(蓝线)；(c~e)与(b)相同，分别为(c) 2000—2015年0~10 cm土壤温度(红线)、(d) 2000—2015年CRU数据集降水量的年际变率(蓝线)、(e) 2000—2015年饱和水汽压差(VPD)的年际变率(红线)

降趋势，而土壤温度和饱和水汽压差(VPD)呈上升趋势(图3(b~e))。在健康土地中，较高的土壤含水量能够直接满足植物对水分的需求，并通过与降水之间的相互作用对陆地水循环和能量循环起到关键作用^[6]。这种相互作用为植物的生长提供了适宜条件，进而促进光合作用。植物光

合作用不仅减缓温室效应，还增加大气中的O₂含量，维持氧循环的平衡。此外，植物的蒸腾作用通过叶片释放水蒸气到大气中的过程，能够降低感热通量和增加潜热通量^[7-8]，从而有效降低地表温度，这一过程对调节地表能量平衡至关重要。由此可见，植物通过光合作用和蒸腾作用，

在调节碳循环和水循环的同时，也对热循环产生显著影响。

CLI的增加表示土地癌化状况的加剧，土地逐渐丧失维持生物生命周期所需的储水能力。一方面，土壤水分不足，导致蒸发冷却减弱，地表温度上升。温度升高又会增加VPD，使空气更加干燥，导致大气对水分的需求增加。此外，土壤含水量和VPD之间存在强耦合关系^[9]，VPD增加会加速土壤水分的消耗，导致地表变得更加干燥和气温进一步升高，形成一个不利的正反馈机制^[10-11]。在这种情况下，植物会通过关闭气孔以减少水分蒸发，从而抑制植物的蒸腾作用^[12]。这不仅降低了植物的光合速率，抑制植被生长^[13]，还导致森林死亡率增加^[14]。另一方面，较高的温度和干燥的空气会增强大气的稳定性，并抑制云的形成和降水的产生^[15]。另外，由于人类活动和其他环境压力，高光合生产力的森林植被类型转变为以灌木和草地为主的低生产力的植被类型，产氧量显著下降。氧气的减少会进一步降低光合作用的效率，进而减弱生态系统的碳固存能力。

综上所述，在癌化土地中，植物会关闭气孔以减少水分的损失，导致光合作用速率减弱，植物的生长和生理功能都受到抑制，也降低了局部大气湿度，减少了降水量，从而加剧干旱条件。同时，地表温度升高，进一步增大了土壤水分的蒸发速率，加剧了土壤干燥^[16]。这种反馈循环可以一直持续，直到土壤完全干燥。另外，大城市的高密度人口和集中的工业活动消耗了大量的氧气。当氧气的产生不足以补偿其消耗时，生态系统将会经历一种“缺氧”状态，进而导致土地癌化，并向周边健康土地扩张(图1)。因此，为了遏制这种趋势，保持氧循环、水循环、碳循环、热循环和能量循环的平衡对于维持土地健康至关重要。

3 癌化土地的防治

土地癌化问题与全球气候变化和生态系统健康密切相关，对人类的生存环境产生深远影响。因此，对土地癌化的防治需要从自然癌化土地和人为癌化土地两方面入手。

3.1 自然癌化土地的防治

沙漠和旱地由于极端干旱、植被稀少和生态脆弱，几乎没有产氧能力。因此，需要在维持当前沙漠生态系统平衡稳定的基础上，恢复自然癌化土地。

(1)政策支持和立法保护。1977年第一次联合国荒漠化问题会议的召开和1994年《联合国防治荒漠化公约》(UNCCD)的签署，标志着全球携手治理荒漠化步入有法可依的新纪元^[17]。中国政府高度重视生态文明建设，在近40年实施了一系列国家重大生态工程，如三北防护林建设工程、京津风沙源治理工程、天然林保护工程和退耕还林还草项目等^[18]。这些项目投资巨大，影响深远，有效遏制了荒漠化扩张，并增加了森林面积^[19]。这些努力为实现联合国可持续发展目标(SDGs)作出重要贡献，尤其在目标SDG 15.3(土地退化修复)方面取得显著提升。《联合国防治荒漠化公约》秘书处明确指出，世界荒漠化防治看中国。此外，中国提出了国际合作倡议，切实保障“一带一路”沿线国家的生态安全和人民福祉^[20]。例如：撒哈拉绿色长城和萨赫勒倡议(GGW)的泛非“绿色长城”建设^[21]，目标是到2030年恢复1亿hm²的退化土地，吸收2.5亿t的碳；中亚咸海生态修复计划^[22]，通过在咸海周围种植适应性强的黑梭梭树，以稳定沙漠景观并防止沙尘暴；蒙古10亿棵树计划^[23]，旨在通过大规模植树造林活动，到2030年将国家的森林覆盖面积提高到9%；沙特100亿棵树倡议^[24]，旨在将其国内30%的土地转变为自然保护区，以减缓土地退化和沙漠化的进程。

(2)生态修复工程。种植抗旱、耐贫瘠的沙生植物，如小叶锦鸡儿、梭梭、柠条、花棒、沙棘、白刺等，可以有效固定沙丘，减少风蚀，增加植被覆盖度，从而增强生态系统的稳定性。例如，毛乌素沙地通过大规模种植耐旱植物，显著改善了区域生态环境。库布齐沙漠的综合治理模式通过生态修复和产业发展相结合，不仅恢复了生态环境，还带动了当地的经济的发展。另外，精准修复退化人工防护林也是生态修复的关键。针

对“重造林、轻管护”现象，林草部门应重视荒漠区退化人工林的抚育管护，建立林木管护的长效机制，降低林木死亡率，确保生态修复的长期效果。值得注意的是，植树造林和荒漠化防治并不矛盾，出现不良后果的主因是未能很好地遵循适地适树原则。在极度缺水的地区进行大规模的生物措施往往会造成生态退化，如速生植物可能加剧当地水资源的消耗^[25]，起到“抽水机”的作用。

(3)水资源管理。在人工林种植区，建设雨水集蓄工程可以充分利用自然降水。这不仅有效减少地表径流和水土流失，而且改善土壤湿度，确保足够的水源供应以支持植被生长和生态恢复。在用水方面，采用滴灌、微喷灌等节水灌溉技术，能够提高水资源利用效率，减少传统灌溉方式的水资源浪费。另外，采用先进的水处理技术，将废水处理成可再利用的水资源，推动水资源的循环和再生利用，从而减少水资源的浪费。

(4)防沙治沙工程。建立仿生植物沙障和草方格沙障，可以增加表面粗糙度，控制流沙的方向、速度和结构，从而短期内固定流动沙丘，保护农田和基础设施，进而改善局部气候条件和当地生态环境^[26]。研究显示，铺设沙障后近地表的风速明显降低，为种子截留和萌发创造了有利条件。此外，覆盖物可以阻挡水分的蒸发，降低了表层土壤的水蚀和风蚀作用^[27]，为先锋植物提供良好的生存环境，进而减少沙漠化的扩张。然而，在实施防沙治沙工程时，需要充分考虑当地的地形地貌和气候条件，严格控制工程的实施质量，以确保工程效果的持久和稳定。

3.2 人为癌化土地的防治

在大城市和工业集中区，高密度的人口和大规模的建筑开发导致土地资源过度消耗，同时工业废弃物的大量排放，使耗氧量显著增加，远超过氧气的产生量，从而共同加剧了土地癌化。

(1)城市绿地建设和城市规划。增加城市绿地建设，通过城市公园和绿化带提高城市绿化覆盖率，以改善城市微气候，减少热岛效应，增强城

市的生态承载力。研究显示，尽管城市只占全球陆地面积的3.8%，但总耗氧量却占全球陆地氧气消耗的39.3%^[28]。为了避免氧气水平持续下降^[29]，以及未来大城市频繁的热浪和缺水现象，我们必须有效控制由城市人口、建筑密度和基本服务需求增加引起的城市无序扩张和土地过度开发。因此，制定和实施可持续城市规划至关重要，通过合理布局城市功能区，为居民提供良好的生活环境，从而确保城市生态系统的健康发展。

(2)工业区的均匀分布。通过政策引导，合理规划和调整工业区的布局，将重污染企业分散到不同区域，减轻环境压力。同时，严格控制工业废水、废气和固体废弃物的排放，确保所有工业活动符合环境保护法规的要求。此外，对各个区域进行持续监测和评估，及时发现和解决问题，防止造成不可逆的损害。采用先进的环保技术和设施，减少工业生产过程中的污染排放，实现工业发展与周边环境保护的协调共生。

(3)人类活动调整。当前大气CO₂的最大来源是化石燃料燃烧^[30-31]，应大力发展可再生能源，降低对化石燃料的依赖，以减少温室气体排放，从而减缓全球变暖的趋势。此外，畜牧业是许多牧民的重要经济来源。据统计，世界上约50%的牲畜依赖于干旱和半干旱区的牧场^[32]。为防止草地荒漠化，应控制草场的载畜量，并采用科学的放牧管理措施，如轮牧、休牧等，以维持草场的生态平衡。

4 总结和讨论

本文提出了“土地癌化”的概念，并将其类比于癌细胞在厌氧条件下的侵袭性扩散，以探讨癌化土地对陆地反馈循环的影响。利用癌化土地指数(CLI)详细评估了全球土地的癌化程度，结果显示，全球超过一半的土地面积面临癌变威胁，这些区域主要分布在干旱区以及工业和人口密集区。这种系统的土地健康状态分类不仅提醒我们注意自然癌化土地所带来的气候危机，还警示我们关注人为癌化土地的潜在威胁。

土地癌化的防治是一项复杂且重要的任务，依赖单一的策略或行动只能取得有限的成

功。如果我们继续将土地资源视为理所应当，不采取有效措施加以保护，那么更多的土地将面临癌化的风险。本研究为全球生态系统的可持续发展提供了新的视角。为确保我们星球的宜居性与长期健康，有效应对土地癌化这一全球性挑战，需要国际社会协同努力，共同制定并实施科学有效的生态修复策略。

(2024年6月3日收稿) ■



参考文献

- [1] DONATO C, KUNZ L, CASTRO-GINER F, et al. Hypoxia triggers the intravasation of clustered circulating tumor cells [J]. *Cell Reports*, 2020, 32(10): 108105.
- [2] GODET I, SHIN Y J, JU J A, et al. Fate-mapping post-hypoxic tumor cells reveals a ROS-resistant phenotype that promotes metastasis [J]. *Nature Communications*, 2019, 10(1): 4862.
- [3] HUANG J, YU H, HAN D, et al. Declines in global ecological security under climate change [J]. *Ecological Indicators*, 2020, 117: 106651.
- [4] FENG S, FU Q. Expansion of global drylands under a warming climate [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013, 13(19): 10081-10094.
- [5] FU L, ZHANG G, HUANG J, et al. Prevalence of vegetation browning in China's drylands under climate change [J]. *Geography and Sustainability*, 2024, 5(3): 405-414.
- [6] SEHLER R, LI J, REAGER J, et al. Investigating relationship between soil moisture and precipitation globally using remote sensing observations [J]. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 2019, 168(1): 106-118.
- [7] HUANG J, YU H, GUAN X, et al. Accelerated dryland expansion under climate change [J]. *Nature Climate Change*, 2016, 6(2): 166-171.
- [8] SHERWOOD S, FU Q. A drier future? [J]. *Science*, 2014, 343(6172): 737-739.
- [9] LIU L, GUDMUNDSSON L, HAUSER M, et al. Soil moisture dominates dryness stress on ecosystem production globally [J]. *Nature Communications*, 2020, 11(1): 4892.
- [10] WANG H, YAN S, CIAIS P, et al. Exploring complex water stress-gross primary production relationships: Impact of climatic drivers, main effects, and interactive effects [J]. *Global Change Biology*, 2022, 28(13): 4110-4123.
- [11] ZHOU S, WILLIAMS A P, LINTNER B R, et al. Soil moisture-atmosphere feedbacks mitigate declining water availability in drylands [J]. *Nature Climate Change*, 2021, 11(1): 38-44.
- [12] EAMUS D, BOULAIN N, CLEVERLY J, et al. Global change-type drought-induced tree mortality: vapor pressure deficit is more important than temperature per se in causing decline in tree health [J]. *Ecology and Evolution*, 2013, 3(8): 2711-2729.
- [13] GROSSIORD C, BUCKLEY T N, CERNUSAK L A, et al. Plant responses to rising vapor pressure deficit [J]. *New Phytologist*, 2020, 226(6): 1550-1566.
- [14] WILL R E, WILSON S M, ZOU C B, et al. Increased vapor pressure deficit due to higher temperature leads to greater transpiration and faster mortality during drought for tree seedlings common to the forest-grassland ecotone [J]. *New Phytologist*, 2013, 200(2): 366-374.
- [15] BERG A, FINDELL K, LINTNER B, et al. Land-atmosphere feedbacks amplify aridity increase over land under global warming [J]. *Nature Climate Change*, 2016, 6(9): 869-874.
- [16] HUANG J, YU H, DAI A, et al. Drylands face potential threat under 2°C global warming target [J]. *Nature Climate Change*, 2017, 7(6): 417-422.
- [17] 卢琦, 雷加强, 李晓松, 等. 大国治沙: 中国方案与全球范式[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 35(6): 656-664.
- [18] BRYAN B A, GAO L, YE Y, et al. China's response to a national land-system sustainability emergency [J]. *Nature*, 2018, 559(7713): 193-204.
- [19] CHEN C, PARK T, WANG X, et al. China and India lead in greening of the world through land-use management [J]. *Nature Sustainability*, 2019, 2(2): 122-129.
- [20] 崔桂鹏, 肖春蕾, 雷加强, 等. 大国治理: 中国荒漠化防治的战略选择与未来愿景[J]. *中国科学院院刊*, 2023, 38(7): 943-955.
- [21] GOFFNER D, SINARE H, GORDON L J. The Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative as an opportunity to enhance resilience in Sahelian landscapes and livelihoods [J]. *Regional Environmental Change*, 2019, 19(5): 1417-1428.
- [22] BAO A, YU T, XU W, et al. Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea [J]. *Journal of Arid Land*, 2024: 1-16. DOI:10.1007/s40333-024-0055-6.
- [23] ENKHBOLD B, MATSUI K. A study on policy and institutional arrangements for urban green space development in Ulaanbaatar, Mongolia [J]. *Land*, 2022, 11(12): 2205.
- [24] AL-SINAN M A, BUBSHAIT A A, ALAMRI F. Saudi Arabia's journey toward net-zero emissions: progress and challenges [J]. *Energies*, 2023, 16(2): 978.
- [25] CAO S. Why large-scale afforestation efforts in China have failed to solve the desertification problem [J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42(6): 1826-1831.
- [26] FICK S E, DECKER C, DUNIWAY M C, et al. Small-scale barriers mitigate desertification processes and enhance plant recruitment in a degraded semiarid grassland [J]. *Ecosphere*, 2016, 7(6): e01354.
- [27] ŘEHÁČEK D, KHEL T, KUČERA J, et al. Effect of windbreaks on wind speed reduction and soil protection against wind erosion [J]. *Soil & Water Research*, 2017, 12(2): 128-135.
- [28] WEI Y, WU J, HUANG J, et al. Declining oxygen level as an emerging concern to global cities [J]. *Environmental Science & Technology*, 2021, 55(12): 7808-7817.
- [29] KEELING R F, SHERTZ S R. Seasonal and interannual variations in atmospheric oxygen and implications for the global carbon cycle [J]. *Nature*, 1992, 358(6389): 723-727.
- [30] LIU X, HUANG J, HUANG J, et al. Estimation of gridded

atmospheric oxygen consumption from 1975 to 2018 [J]. *Journal of Meteorological Research*, 2020, 34(3): 646-658.

[31] HUANG J, HUANG J, LIU X, et al. The global oxygen budget and its future projection [J]. *Science Bulletin*, 2018, 63(18): 1180-1186.

[32] CHARLES G K, PORENSKY L M, RIGINOS C, et al. Herbivore effects on productivity vary by guild: cattle increase mean productivity while wildlife reduce variability [J]. *Ecological Applications*, 2017, 27(1): 143-155.

Land cancer and its control

HUANG Jianping^{①②}, FU Li^②, LI Changyu^①, HUANG Jiping^①

① Collaborative Innovation Center for Western Ecological Safety, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; ② Key Laboratory for Semi-Arid Climate Change of the Ministry of Education, College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Abstract Earth's health condition is getting worse due to global warming, urbanization, and desertification, significantly threatening the ecological security and the sustainable development of society. The land that cannot produce adequate oxygen through photosynthesis will gradually lose water storage capacity, resulting in positive feedback that warming and drying reinforce each. By regarding the Earth as a living body, we propose the concept of land cancer and develop a method to diagnose its health condition. Also, we constructed the cancer land index (CLI), which indicates that cancerous land accounts for 53% of the global land area. Land cancer starts from deserts and drylands with the lowest oxygen production, and from urban centers and concentrated industries with the highest oxygen consumption, then gradually expands to the surrounding areas. The whole process is analogous to the spread of cancer cell in the human body, manifesting the deterioration of Earth's health. Our study thoroughly investigates the concept of land cancer and detects areas of cancerous lands, which offer mitigation suggestions for natural and anthropogenic cancerous lands. The objective is to strive for early detection of land cancer and prevent its expansion, thereby protecting Earth's health.

Key words land cancer, cancer land index, land surface feedback mechanism, climate change, ecological governance

(编辑: 沈美芳)

自然信息

科学家发现“最强中微子”

在6月18日于意大利米兰举行的2024年国际中微子会议上,中微子物理学家João Coelho透露,地中海在建的宇宙深渊天体粒子研究天文台(ARCA)可能发现了有史以来能量最高的中微子。

ARCA是欧洲立方千米中微子望远镜(KM3NeT)项目的一部分。KM3NeT的主要目标是发现并持续观察宇宙中高能中微子的来源,测定中微子的质量等级。

ARCA被部署在意大利西西里岛东南3500m深的海底,由串联有光学模块的垂直绳弦阵列构成。每根绳弦长

800m,串联有18个探测器单元——直径约为半米的有机玻璃球,内置光探测器,每个探测器只能探测到少量光子。目前阵列内包含28串绳弦,ARCA团队希望到2028年能将其增加到230串。

超高能中微子是以接近光速运动的亚原子微粒。人们认为它们是宇宙中一些灾难性事件的“信使”,比如遥远星系中超大质量黑洞的爆发。

ARCA探测到的大部分光是高能宇宙射线粒子产生的。当这些粒子撞击地球大气层时,会产生粒子簇射“阵雨”。这种粒子雨可以在水中传播数公里,并留下微弱的闪光,可被ARCA捕捉到。

ARCA还可以探测到包括中微子在内的其他种类粒子产生的光,但它并

不能直接“看”到中微子。当中微子撞击空气、水或下层岩石分子时,会产生一种高能带电粒子—— μ 子,当 μ 子穿过探测器时,会产生其他带电粒子簇射,从而被捕捉到。

Coelho表示,超过1/3的ARCA传感器记录到了与 μ 子水平穿过探测器一致的闪光。这些 μ 子来自低于水平线一度的中微子产生。该粒子的能量可能高达数十PeV,这将使其成为有史以来探测到的能量最高的中微子。

会上,Coelho并未透露ARCA发现该中微子的太多细节,比如粒子产生的确切方向和观测时间等,以免被竞争对手利用。他表示,相关细节将在后续发表的论文中详细阐述。

[吴玉 编译]