

地球变暖加速物种迁徙与进化,保护生物多样性将有助于抵御气候风险

全球升温如何催动生命演化齿轮

应对气候变化和保护生物多样性是当今全球两大热点和难点问题,事关人类可持续发展。人类要解决全球变暖和生物多样性受损“双重危机”,必须将这两大热点难点问题视为相辅相成的两个目标协同推进。

根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的最新报告,19世纪中叶以来,地球表面平均气温升高约1.1℃,海平面上升约20厘米。这些看似微小的数字变化,已对地球生态系统产生了严重影响。在严峻的自然选择压力下,生物界开始通过自身演化应对这一生存挑战。探究气候变化对生物多样性的影响意义重大。



冯伟民

地球生命诞生至今,演化始终是生命的主旋律。在地球演化的不同阶段,无论是海陆变迁、沧海桑田,还是火山喷发、气候骤变,生命演化无不对这些生存环境的巨变表现出独特的响应,由此产生许多令人难以置信的演化现象。这些精彩而神奇的生存之道,对我们认知自然演化和生命进化,理解当今地球生物多样性的演变,提供了重要的借鉴和警示。

近代以来,对人类生活与生产活动影响最大的自然因素莫过于气候变暖。从陆地、森林到海洋,处于不同地理环境下的生物都在为适应气候变暖而努力,彰显出演化法则的强大力量。

生命大爆发与生物大灭绝
气候变暖都是主要推手

在地球46亿年的漫长演化过程中,从炙热的岩浆海到海洋覆盖于地球表面,从无氧大气环境到有氧大气环境,无论是板块构造运动主导的地球海陆变化,还是地幔岩浆活动引发的大规模火山喷发,都对地球气候系统产生了深远影响。

从地球有生命开始,大气二氧化碳含量一直处于波动之中,如今的大气二氧化碳含量在地球历史上处于中低水平。地质古生物研究显示,地球绝大部分时间内都属于“温室气候”,南北两极都没有常年冰盖。也就是说,一般情况下的地球温度比现代高很多。

4亿多年前,海洋生物首次踏上陆地,彼时大气中二氧化碳浓度高达7000ppm。那时的地球环境跟现在完全不同,地表平均温度比现在高出10℃。距今3.8亿至3亿年前,随着陆地森林的扩张蔓延,大型植物繁盛,植物的根系深入地下并加速风化过程,把大气中的二氧化碳捕获并储存在了石灰岩等岩石中。这最终在距今3亿年前引发了二氧化碳含量的大幅度下降,导致冰川时代的降临。距今3亿至2.5亿年前,地壳板块运动剧烈,火山活动频繁,再次将大量二氧化碳释放入大气,使其在空气中的浓度从400ppm猛增到1800ppm。此后,二氧化碳含量再次缓慢下降。

到了300万年前,大气中二氧化碳浓度和今天的浓度差不多,约为400ppm。自此之后,二氧化碳浓度呈缓慢下降趋势。在第一次工业革命爆发前的1万年内,二氧化碳浓度维持在280ppm左右。工业革命之后,二氧化碳浓度再次开始上升,尤其是最近100年增速飞快,2020年

大气中二氧化碳浓度已高达412.48ppm。

在地球生命史上,几次重大的生物进化事件都与气候变暖密切相关。距今5亿多年前的寒武纪,尤其是奥陶纪,由于气候温暖、海侵广泛,接连发生了寒武纪生命大爆发和奥陶纪生命大辐射,这些事件一举奠定了显生宙生物多样性演化格局。

中生代气候总体处于温暖状态,全球通常只有热带、亚热带和温带的差异。当时爬行动物繁盛,在三叠纪实现了海陆空全面演化,陆地恐龙、海里鱼龙、天空翼龙成就了生命史上巨龙演化的宏伟场景。有研究表明,在距今约9000万年前的白垩纪中期,当时大气中二氧化碳的浓度达到1000ppm,气温比现在平均高出6℃。

新生代早期的地球也比现在要热很多。距今5600万前的“古新世-始新世之交极热事件”时期,大气中二氧化碳的浓度达到约900ppm,气温在几千年内升高4-5℃,南北两极都缺少常年冰盖。恰是在那个时候,哺乳动物也迎来演化的高光时刻,鲸鱼下海遨游,蝙蝠上天飞翔,陆上哺乳动物称王,大型哺乳动物开始出现。

过去80万年来,大气二氧化碳的浓度基本上在180-280ppm之间变化。也就是说,白垩纪中期二氧化碳的浓度比现代高了差不多3倍,地表平均温度超过30℃,高出现在十几摄氏度。

气候变暖对生物演化也曾带来致命摧残。例如,距今2.52亿年前,地球发生了有史以来规模最大的二叠纪末生物大灭绝事件。该事件的起因固然有诸多复杂因素,但很大的因素是西伯利亚火山大喷发带来气候的极端变化——大量二氧化碳气体溶于海洋,造成海水酸化,有毒气体泛起,导致海洋生态系统崩溃,绝大多数海洋物种因此灭绝。这样的有毒环境又“反噬”陆地,使得本已岌岌可危的陆地生态系统也趋于崩溃。

白垩纪末生物大灭绝的起因则是印度德干高原的火山喷发导致全球环境急剧恶化,此后的小行星撞击地球只是压垮骆驼的最后一根稻草。

气候变化威胁物种生存
生物灭绝加剧全球变暖

近代以来,气候变暖再次引发一系列生态危机。人类掀起的工业化浪潮在推动经济与社会大飞跃的同时,也带来了空气污染、气候变暖和生物多样性下降等“副产品”。2022年3月,美国科学家对物种DNA进化图谱进行建模分析,发现当前物种灭绝速度比人类进入

历史舞台前快了1000倍。与此同时,科学家发现生物多样性也在影响气候变化。

温室效应会导致地球气温升高和气候变暖。这种气候变化对生物产生进化压力,促使其适应新的环境。一些生物可能需要调整生活策略和行为,以便在更高的温度和湿度下生存和繁殖。

温室效应对植物生长产生很大影响。植物对环境温度极为敏感,所以不同海拔的地区有不同的植物生长,形成了天然的垂直自然带。由于不同海拔地区的温度都在升高,各种植物生长的最适宜温度所对应的海拔也随之升高。对于几年一开花、几年一播种,或者只在低海拔地区播种的植物而言,其结局就是走向灭绝。

全球变暖驱使物种将向“凉爽”地带迁移。寒带地区生物的生境将遭破坏,一些脆弱的生态系统会逐步退化和消失。2020年美国《卫报》报道称,几乎一半的植物依靠动物传播种子。科学家担心,当动物被迫迁徙到较凉爽地区,一些植物或面临灭绝危险,因为植物很难跟随动物一起迁徙。

我国学者近来在《自然-通讯》杂志上发文称,由于地球温室效应,北极陆地植被在过去几十年间发生了前所未有的变化,原本非常低矮的苔原植被随着当地变暖而越长越高。而且不仅原有植物在长高,入侵而来的也有不少“高个子”新植物。植被高度的增加不只发生在北极少数几个地方,而是遍及苔原地区。如果较高的植物继续以目前的速度增加,那么到本世纪末,当地植物群落的高度可能会增加20%至60%。

2019年发表在《自然-通讯》杂志上的一篇文章发现,目前气候变化速度快于动物的适应能力。德国莱布尼茨动物园的野生动物研究人员发现:面对气候变化,动物们通常会调整自己的冬眠、繁殖和迁徙等行为,以更好地适应气候环境变化,求得自身和种群生存。一小部分鸟类,如大山雀、斑姬鹀、喜鹊等已经能较好地适应气候变化了,但仍有相当多动物的自我调节和反应速度,还不足以让它们很好地应对快速上升的气温和剧烈变化的气候。气候变化将直接威胁这些物种的生存,并加速部分濒危物种走向灭绝。

另外,气温升高将提升部分病原体的生长率和存活率,加速有害病菌的传播,增加病害的世代,从而对生物多样性产生影响。

气候变化对物种的种群结构、种群大小和地理分布范围都会产生影响。某些物种可能会面临灭绝风险,而其他物种则可能会迁移或适应新环境。这可能导致物种的分布范围扩大或缩小,或者引入新的竞争对手,从而塑造生物群落新的结构和动态。

气候变暖严重威胁生物多样性,生物多样性的丧失也会加剧气候变暖。植物光合作用对维持大气碳氧平衡意义重大,当绿色植被遭破坏后,气候变暖就会进一步加剧。

2021年《自然》杂志发文称,亚马孙热带雨林中每年因人为山火燃烧产生的二氧化碳约为16亿吨,而雨林中健康树木每年只能吸收5亿吨二氧化碳,亚马孙雨林早已不再是碳汇,而是碳源。同年发布的《全球红树林状况》报告显示,近40年来,全球的红树林规模消退了35%,其消失速度甚至超过热带雨林。这也意味着红树林吸碳固碳、抵抗气候变化的能力在不断减弱。

2019年发表在《自然-科学报告》杂志上的另一项研究发现,热带地区以水果为食的动物数量在减少,这会严重影响森林碳储量。科研人员发现,原始森林中绝大部分树木都依靠长臂猿、猕猴、黑鹿、犀鸟、熊和亚洲象等以水果为食的动物来传播种子,以实现种群繁衍。当灵长类动物消失后,地球植被碳储量将减少2.4%。

热带雨林中50%的植物果实都被哺



乳动物和鸟类取食,60%至94%的木本植物要依靠食果动物来传播种子繁衍后代。而当影响树木、植被繁衍的动物们因气候变暖迁徙或消失后,全球范围内植物适应气候变化的能力将下降60%,植物的捕碳、储碳能力也会大幅下降。

控制全球变暖程度
有望减少七成物种灭绝

应对气候变化和保护生物多样性是当今全球两大热点和难点问题,事关人类可持续发展。因此,探究气候变化对生物多样性的影响意义重大。

英国科学家认为,如果气候变暖达到一定程度,就可以预测某些动物群将会如何演化。但同时,我们既需要探究温室效应所引起的长周期气候变化,也需要探究短期极热和极端环境事件对物种的生存影响。

温室效应所引起的气候变化通常发生在相对较长的时间尺度上,而生物界需要更长时间的演化才能适应。在当前人为加速的气候变化背景下,一些物种可能无法适应变化的速度,面临灭绝的风险。

通过研究多种影响气候变化的因素及现有气候变化数据,科学家提出了一个重要认识:如果能将全球气候升温控制在2℃内,即便在温室气体持续排放的情况下,也有望减少70%以上的物种灭绝。

针对海洋热浪极短期暖化事件,《自然-通讯》杂志近来发表了一项研究。研究者对4次近期太平洋东北部热浪对鲨鱼、鲸鱼、海豹、海龟等14种顶级捕食者分布的影响进行了建模,发现这些捕食者对海洋热浪的建设性反应,这有助于开发工具,以实时预测海洋捕食者的分布。

一般而言,生物多样性越丰富的生态系统在面对气候变化时的自我恢复能力更强。近期《自然-生态与演化》发表的文章揭示,物种占有率和多样性与温暖度和植被更少的城市之间呈显著的负相关性。比如,美国佛罗里达州的热带城市比其他气候相似的城市拥有更多的绿色植被,该市相对于植被更少的美国亚利桑那州菲尼克斯市,就拥有多样性更丰富的哺乳动物群落。

瑞典隆德大学最近发表在《应用与环境微生物学》杂志上的研究表明,微生物能适应温度变化,有应对气候变暖的能力,可通过在土壤中储碳来减缓全球变暖。而且,微生物生长对温度变化更敏感,这些温度敏感性的差异对未来碳损失和储存的预测以及土壤如何受到气候变暖的影响具有重要意义。

因此,人类要解决气候变化和生物多样性丧失双重危机,必须应对气候变化与保护生物多样性视为相辅相成的两个目标,实现应对气候变化与保护生物多样性的协同推进。只要世界各国同心协力,积极实施绿色环保、减排增汇措施,减缓气候变化,同时保护生物多样性来适应气候变化,人类将有可能降低气候变暖带来的更大威胁。

(作者为中国科学院南京地质古生物研究所研究员、南京古生物博物馆名誉馆长)

应对气候变化,生存策略有哪些

福斯特法则

又称为“岛屿法则”,是指物种会因环境资源的变化而变得更大或更小。它最初由生物学家约翰·布里斯托尔·福斯特于1964年提出。

根据该法则,在迁徙岛屿的动物“居民”中,啮齿类动物会倾向于体型巨大化,而肉食动物、兔类动物和偶蹄动物,则倾向于出现矮化现象。因为岛屿上物种往往较为单一,来自捕食者和种间竞争的压力减小,这将会导致生态释放,小型动物就能长得更大;但同时,由于岛屿上的资源有限,岛屿上的大型哺乳动物则趋向于侏儒化。

红皇后假说

美国科学家提出的一种生态学假说。该假说认为,在环境条件稳定时,一个物种的任何进化都可能构成对其他物种的竞争压力,即使物理环境不变,种间关系也可能推动生物进化。

在这一过程中,青蛙和苍蝇都以同样的速度在进化,它们之间的相互作用看起来似乎没什么变化,但这就是共同进化。红皇后假说与达尔文的进化论有着相似之处,但忽略了环境在生物演化中的影响因素。

艾伦法则

这是一项描述动物体型与环境关系的经验法则。这个法则表明,在一个物种的个体中,当环境温度与生物体型的生态系统中,同一类生物体型的大小与环境温度呈负相关关系,即在相同的生态系统中,体型较大的动物往往出现在气温较低的区域,体型较小的动物则更多分布在气温较高的区域。

对于温血动物身体的延伸部分,如尾、耳、腿等来说,一般在寒冷地区

的物种比在温暖地区的都偏短一些。例如,当你向北旅行时会发现,野兔和狐狸耳朵越来越短,乌鸦和啄木鸟的喙越来越短。这是因为,热带地区的动物演化出了具有高表面积体积比的大型附肢,并利用其将身体产生的热量有效释放到环境中。相比之下,极地物种需要保存体温,所以他们的附肢更为短小。

伯格曼法则

这是关于物种体型与气候冷暖关系的法则。该法则显示,同一物种在越冷的地方个体体积越大,外形越接近球形。这被认为是生物在漫长演化过程中的适应性结果。在

同等温度下,体积越大,散热就越慢,而相同体积中球形表面积最小,也最利于保暖。除体积和体型外,保暖的条件还有皮毛绝热能力、脂肪层等。

格洛洛法则

这是专就鸟类、哺乳类动物而言的一种演化现象。科学家注意到,相同的或亲缘关系相近的物种,在干燥寒冷气候下生活的比在湿润温暖气候下生活的黑色素偏少,且会呈现鲜明的色彩。例如,果蝇在靠近赤道的撒哈拉非洲更黑。

这种观点认为,由于温暖潮湿的栖息地中寄生虫和病原体数量更多,生活在赤道附近的动物演化出比生活在其他地方的动物更强的免疫系统。免疫系统基因与那些代表深色身体的基因有关。从动物界来看,低温具有带来黑化的倾向。但在自然中,不遵守这条定律的情况也不少,原因和依据有待进一步研究。



①白垩纪末生物大灭绝的起因是印度德干高原的火山喷发导致全球环境急剧恶化,小行星撞击只是压垮骆驼的最后一根稻草。
②极地高原地貌。
③亚马孙雨林正在从碳汇变成碳源。
④三叠纪海洋中动植物繁盛。

本版图片:视觉中国