

科技前沿

你是否曾想过,40亿年前的地球宛如一座“炼狱”——火山喷涌,海洋沸腾,没有氧气。在万物混沌之中,生命的种子究竟是如何萌发的?近日,英国伦敦大学学院的马修·波纳研究团队在《自然》杂志上发表了一项突破性研究成果。他们通过模拟早期地球环境条件,首次成功实现了RNA(即核糖核酸,存在于生物细胞、某些病毒及类病毒中的遗传信息载体)与氨基酸在无酶条件下的化学连接。自20世纪70年代以来,这一难题一直困扰着科学界,而该成果为解决生命起源中“蛋白质如何合成”的关键问题提供了全新思路。

分子如何迈出通向生命的第一步

生命起源与演化研究是全球科学家持续探索的重大课题,呈现出多学科交叉融合的特点。

在环境条件领域,科学界主要存在两种假说,一种是深海热液生命起源假说,认为热液喷口富含的矿物可为早期化学反应提供能量与催化条件;另一种是陆地热泉环境假说。2024年11月,由中国科学家领衔的国际团队发现了在地球最早期陆地热泉式的环境中,铁硫化物可通过光热催化作用还原二氧化碳,产生甲醇,从而为地球生命起源的关键代谢途径提供物质基础。

在分子进化领域,相关研究多聚焦RNA、蛋白质和脂类等生物大分子的自组装与功能演化,以及“原始细胞”的形成、遗传密码的起源与演化等。

此外,科学家还通过模拟早期地球条件,综合运用化学、生物学、地质学等多学科知识,尝试在实验室环境中重现生命起源的关键步骤。天体生物学研究也将生命起源的探索延伸至对地外样本(如陨石、火星土壤等)的分析,以更好地理解地球生命起源,同时为寻找地外生命提供思路方法。

此次伦敦大学学院团队的成果就属于分子进化研究范畴。“要完全阐明生命起源,我们仍需解决诸多问题,而其中最具有挑战性也最令人兴奋的,仍是蛋白质合成的起源问题。”波纳表示。

我们知道,氨基酸是构成蛋白质的基本单元,而RNA则负责传递遗传信息并控制蛋白质的合成。了解RNA如何与氨基酸结合,对于理解生命起源和蛋白质合成机制具有关键意义。在现有生命体中,RNA与氨基酸的连接需要专门的酶(合成酶)来催化,而这些酶本身又是蛋白质,其合成信息存储在核酸中,需要由核糖体(RNA是其核心成分)来翻译合成。这就产生了一个“先有鸡还是先有蛋”的经典悖论:没有核酸,就无法编码合成蛋白质;但没有蛋白质(酶),核酸的复制和翻译也无法进行。伦敦大学学院团队的研究证明,在生命出现之前,无需复杂的酶,RNA和氨基酸就可以在早期地球环境下自发连接。这一发现为“分子如何迈出通向生命的第一步”提供了新的关键线索。

一线探访

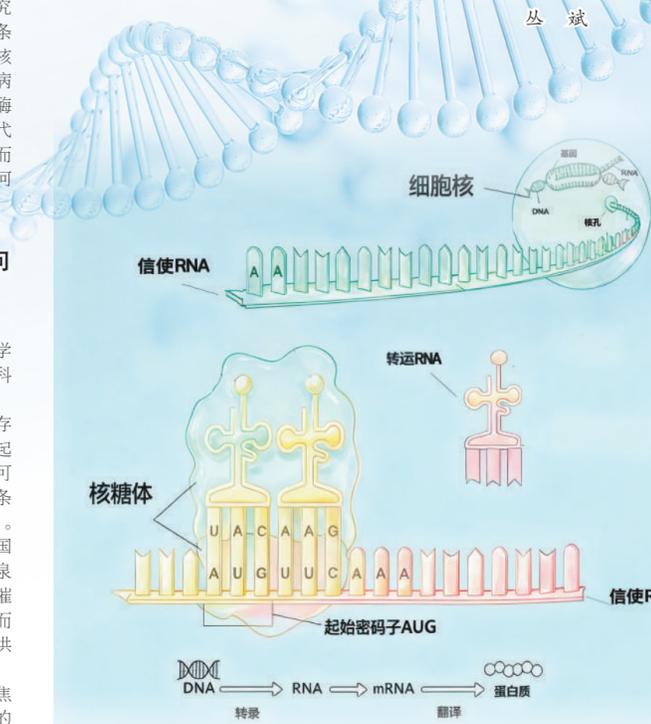
挪威城市克里斯蒂安松靠近北极圈,这里海水冰冷澄净,气温常年较低,独特的北极圈环境孕育出独特的冷水海藻。过去人们很难想象,海岸边随处可见的褐色海藻,如今已成为生物制剂的核心原材料,蕴藏着提升农作物品质、改善土壤结构、促进农业绿色转型的巨大潜力。近日,本报记者来到挪威海藻开采场,对这一前沿领域一探究竟。

沿着海岸,海藻采收船在行进中喷出长长水柱,收割的海藻被顺势打包,拖拽于船尾,形成一道独特风景。采收船由阿尔及亚公司开发,船头安装了类似象鼻一样的机械臂,管头设置螺旋刀头。采收船作业时,刀片高速旋转,切断海藻的同时通过管道内的巨大吸力将其吸入网中打包,采收过程颇为高效。阿尔及亚公司隶属于先正达集团,是一家专门从事海藻采收和产品制备的公司。据介绍,他们开发了用于浅水的定制桨轮收割机,每艘船每小时可收割5吨海藻。在退潮期间,这些收割机仅采收海藻上层部分,保留藻体基部,从而让海藻自然再生。海藻采集后被打包运回工厂,经过烘干、研磨、溶解提取核心活性成分等流程,制成生物制剂产品,销往全球。

采收的海藻名为泡叶藻,属大型褐藻,外观细长,呈褐绿色,中间有一个营养泡。泡叶藻是当地常见藻类。当地居民会利用潮汐采集这一藻类,用以喂养动物、滋养农作物和土壤。近年来,随着生物制剂相关领域研究和运用的快速发展,人们对泡叶藻活性成分有了

科学家重现约40亿年前RNA与氨基酸的“第一次连接”——

蛋白质合成,探索生命起源之谜

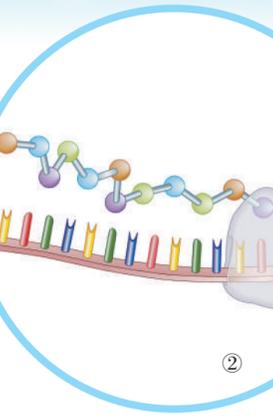
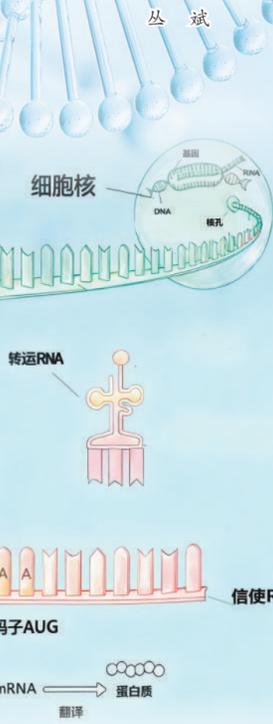


融合“RNA世界”和“硫酯世界”两大生命起源理论

近半个世纪以来,科学家们一直在探索RNA与氨基酸在无酶条件下的连接机制,但始终未能成功。以往,科学家尝试让氨基酸与RNA结合时,使用的是高活性分子,但这些分子在水中易分解,还会导致氨基酸相互反应,而不是与RNA结合。

伦敦大学学院团队采用了一种更温和的方法——用硫酯(一种高能化合物)来激活氨基酸。硫酯是很多生物化学反应中的关键化合物。研究人员发现,氨基酸与一种叫做“泛硫乙胺”的含硫化合物反应后,就能变成硫酯形式去激活氨基酸。把这些激活的氨基酸放进模拟早期地球环境的中性水中,氨基酸就能连接到RNA上。这一反应不仅自发发生,还具有高度的选择性,即将氨基酸精准地连接到RNA分子的特定部位,这种选择性避免了氨基酸之间的随意反应。这在生命起源过程中至关重要,因为随意拼接出的乱序短肽(介于氨基酸和蛋白质之间的物质)基本不可能具备稳定功能。由于这些反应的规模极小,无法通过光学显微镜观察,研究团队通过多种分子结构探测技术对其进行追踪,包括显示原子排列方式的磁共振成像技术和测定分子大小的质谱分析技术。

研究团队认为,由于海洋中的化学



图①:蛋白质合成示意图。图②:蛋白质合成和核糖体的横截面示意图。以上图片均为资料图片

物质浓度可能过低,而被稀释的环境不利于这种化学反应的发生,该反应很可能发生在早期地球的湖泊或小水池中,而不是广阔的海洋中。这为科学家寻找生命起源的“摇篮”提供了更具体的方向和化学依据。

长期以来,生命起源研究中存在“RNA世界”和“硫酯世界”两大主流理论。“RNA世界”理论认为自我复制的RNA是生命的基础,而“硫酯世界”理论提出硫酯是早期生命形式的能量来源。此次研究团队巧妙融合这两个理论,利用硫酯作为激活氨基酸的动力源,最终

实现与RNA的连接。这表明生命的起源可能并非只有一个单一的“起点”,而是新陈代谢系统与遗传系统从一开始就通过简单的化学反应协同演化而成。

不仅如此,这一成果还有助于缩小化学进化与生物进化之间的鸿沟。生命起源研究的一个核心挑战,是解释如何从无生命的化学物质过渡到有生命的生物系统。RNA与氨基酸在简单条件下的自发连接,为这一过渡过程提供了合理的化学基础。此外,这一发现对地外生命的存在可能性也提供了新的思考角度。如果RNA与氨基酸的连接在早期地球条件下能够自发进行,那么在类似条件下的其他星球上,也可能发生类似的化学过程。

理解生命本质,有助于防控治疗疾病

尽管取得了突破,科学家们仍然面临许多挑战。下一步,研究团队将探究RNA序列如何优先结合特定氨基酸,从而启动编码蛋白质合成的指令——这是遗传密码的起源。掌握这种温和可控的“RNA-蛋白质”化学连接机制,未来或可应用于人工生命系统构建、原位蛋白质合成以及新型药物精准递送等领域。

需要指出的是,该发现尚不完全揭示生命起源的所有奥秘,RNA如何“学会”自我复制?首个能合成蛋白质的RNA是怎么来的?等等。对于这些谜题,科学界仍需进一步探索。除蛋白质合成外,生命活动还需要细胞膜、代谢系统等组件的协同工作。科学家们将尝试构建能够自我复制、自我维持的原始细胞系统,以更全面地理解生命起源。

基于伦敦大学学院团队的研究成果,我们可以进一步推想:经过40亿年的进化,生命体细胞的化学微环境可能仍是维持细胞稳态的重要因素。细胞内化学微环境的失衡,或许正是导致分子互作异常、代谢紊乱及功能结构病变的重要因素。这一视角启示我们,深入研究细胞化学微环境的动态变化规律,研发精准调控技术,可以为疾病防控提供新策略。

蛋白质作为生命的物质基础,其合成机制的揭示对于理解生命本质至关重要。生命起源研究作为科学探索的前沿领域,将持续吸引全球科学家的关注和投入。比如,谷歌Deepmind等多家机构采用AI驱动的头蛋白设计,从零开始设计自然界不存在的蛋白质,创造新型酶、生物传感器、治疗蛋白等,为治疗癌症、自身免疫疾病等提供新思路。随着实验技术的进步和多学科交叉融合的深入,我们有理由相信,生命起源这一终极科学问题将在未来得到更加清晰的解答。

(作者为中国工程院院士、九三学社中央副主席、医学领域专家)

科技大观

现代天文学中的“宇宙图谱”研究旨在为整个浩瀚宇宙绘制一幅三维动态图谱,标记亿万星系的位置、速度和演化历程,这是揭秘星系形成、宇宙演化的重要工具。闪亮的“宇宙大片”正在科学家们的努力下不断突破。不久前,由多个国家科研机构联合组成的项目组正式发布了迄今最大的深空观测宇宙图谱COSMOS-Web。该图谱基于詹姆斯·韦布空间望远镜(JWST)的观测数据,构建了包含近80万个星系的详细信息,时间跨度达到135亿年,覆盖宇宙约138亿年演化史中98%的时间。这些数据刷新了人们对星系形成和演化的认知,为探索早期宇宙提供了新路径。

这是一张以前所未有的尺度绘制的超广角宇宙图像。它的观测天区位于双鱼座方向,观测面积达0.54平方度,相当于从地球上看见月球面积的3倍。研究团队负责人之一、美国加州大学圣塔芭芭拉分校教授凯特琳·凯西打了一个比方,如果把具有相同观测深度的“哈勃超深空场”图像打印在一张A4纸上,那么按照同样比例,COSMOS-Web的图像则相当于一幅边长约4米的巨型壁画。项目总观测时间为255小时,是JWST首年观测任务中耗时最长的单一项目,仅此次发布的影像数据量就超过1.5TB(太字节),为天文学家提供了前所未有的宇宙演化“动态影像”,而非零散的“快照”。

COSMOS-Web的成功制作离不开JWST革命性的红外观测能力,这是其与“前辈”哈勃望远镜最根本的区别。宇宙膨胀导致来自遥远天体的光波长被拉长(红移效应),早期宇宙天体发出的紫外和可见光经过漫长的旅程到达地球时,已被红移至红外波段。哈勃望远镜主要观测紫外、可见光到波长1.6微米以下的近红外波段,而JWST可覆盖波长0.6—28微米的近红外到中红外波段,使其能够追溯更高红移亦即宇宙更为初始的演化阶段。同时,JWST比哈勃望远镜的主镜大了约6倍,因此其集光能力和灵敏度大幅提升,这使得JWST的“眼睛”有能力看到更遥远、暗弱的天体。这两方面的优势使JWST成为观测宇宙“黎明时期”的

创新汇

废弃塑料变氢气

本报记者 李明

在阳光照射下,堆积的废弃塑料或可摇身一变成为“氢气工厂”,持续分解塑料并产生氢气。近期,韩国首尔大学研究团队研发出一种从塑料废弃物中持续生产氢气的方法。它通过一种新型的结构反应器,利用纳米复合材料包裹光催化剂,显著提升催化活性和稳定性,从而达到持续降解的目的。

“传统的塑料降解回收需要300摄氏度以上高温高压环境,能耗高、碳排放严重。光催化降解塑料的优势在于,仅需自然光照即可稳定运行,无需额外能量输入。全球多地的广袤荒漠光照充足,气温高,若能应用这一技术将废弃塑料转化为清洁能源,将为氢能产业注入新的动力。”该研究通讯作者、首尔大学化学与生物工程学院教授金大亨在接受本报记者采访时表示。

塑料的化学性质稳定,这也导致其自然降解缓慢。作为化学反应的“加速器”,催化剂可加速塑料降解,使其分解为可回收利用的基础化学物质。其中,光催化降解产氢技术是利用太阳光驱动化学反应。具体来讲,先用强碱性溶液浸泡聚酯(PET)塑料,使其分子链中的酯键断裂,解聚成含有对苯二甲酸盐和乙二醇的塑料溶液。然后,将半导体的光催化剂混合在溶液中,在太阳光照射下,光催化剂吸收能量,驱动塑料解聚产物与水发生重整反应,对苯二甲酸、乙二醇和水分子中的氢转化为氢气,碳则被氧化为二氧化碳。不过,碱性溶液对催化剂有腐蚀作用,会降低催化剂寿命,影响催化产氢效率,导致这一技术难以大规模应用,成为业内所面临的难题之一。

此次韩国技术团队创新性地设计出一种结构反应器,使用纳米复合材料包裹光催化剂。这一材料具有较好的疏水性,就像给催化剂穿上了“防护

「宇宙大片」看到了什么

理想工具,是宇宙图谱成功绘制的关键所在。COSMOS-Web最令人震撼的发现是宇宙早期存在数量惊人的星系,这颠覆了以往的理论预期。它的观测数据显示,在宇宙诞生后的最初5亿年内,星系实际数量是基于哈勃数据预测值的约10倍。这一发现让天文学家深感困惑,因为按照标准宇宙学模型,大爆炸后物质需要相当长时间才能在引力作用下坍塌形成恒星和星系。这些早期星系不仅数量惊人,其成熟度也超出预期。许多星系在宇宙年龄仅3亿至4亿年时就已形成完整结构和成熟的恒星群体,其中一些星系的质量相当于10倍太阳质量。凯西认为:“宇宙过早产生了太多的光,它只有大约4亿年时间形成约10倍太阳质量的恒星。我们尚不确定这是如何实现的。”

COSMOS-Web的另一个重大发现是大量超大质量黑洞在宇宙极早期的存在。这些“宇宙巨兽”通常位于星系中心,质量相当于数百万至数十亿倍太阳质量。按照传统理论,它们需要数十年才能通过吸积物质缓慢增长到如此规模。然而,COSMOS-Web数据显示,在宇宙年龄不足5亿年时,这些超大质量黑洞就已经存在,它们与宿主星系共同演化的速度远超理论预期。这一发现不仅挑战了黑洞形成理论,也迫使科学家重新思考星系与黑洞共生关系的本质——是黑洞先于宿主星系生长,还是星系先形成并在中心孕育黑洞?

这些突破性发现对现行标准宇宙学模型提出巨大挑战。耶鲁大学天体物理学家普里娅姆瓦达·纳塔拉詹称之为“理论震撼弹”:“如果这些星系真如数据展示得这么庞大、这么早形成,那么我们需要全面重写关于宇宙早期演化的教科书。”这种理论与观测的冲突,暗示着可能存在未知的物理过程,或者需要从根本上修正现有模型,特别是关于暗物质性质和早期宇宙物理学的部分。从哈勃望远镜到JWST,再到欧几里得望远镜和未来计划发射的罗曼空间望远镜,随着技术的不断进步,我们相信,人类必将能够绘制更加精准、完整的宇宙图谱,逐步揭开宇宙结构与物质分布的神秘面纱。

(作者为中国科学院大学天文与空间科学学院、国家天文台副教授)

北极海藻如何让农作物更抗逆

本报记者 郭梓云

更深入的认知。由于生长在北大西洋沿岸的潮汐区冷水环境中,泡叶藻进化出更适应恶劣环境的基因和分子构成。它富含海藻酸、氨基酸、有机酸等多种天然活性成分,以它为核心原料制作的生物制剂产品能够帮助农作物抵御恶劣生长环境,增强抗逆性。

阿尔及亚公司总经理奥托里诺·比昂迪介绍,从泡叶藻中可以提取海藻酸盐、间苯单宁、碘、海带多糖、甘露醇、褐藻多酚等活性成分。目前研究发现,海藻酸盐能够补充农作物的矿物质,增加土壤的透气性和持水力;海带多糖可以提供能量储备,激活植物预防系统;褐藻多酚和褐藻素可以帮助农作物应对恶劣环境;碘在农作物中可以发挥抗氧化作用,帮助植物抵御恶劣环境……“泡叶藻提取制剂剂之于自然,用之于自然,在保障农作物健康和增收的情况下不会对环境造成负面影响,对农业可持续发展和全球粮食供应都很重要。”比昂迪说。

据介绍,在欧洲和美洲农田的相关试验中,含有挪威泡叶藻提取物的生物制剂使当地农作物产量提高了15%;在巴西开展的一项玉米抗逆研究显示,玉米在遭受干旱后,使用这些生物制剂可使产量提高12%。“海藻中的活性物质能在关键时刻提升植物活力,或促进植物达到某种特定生理特性和品质。这



图①:工作人员介绍生物制剂产品。图②:海藻采收船正在作业。以上图片均为本报记者郭梓云摄

正是生物制剂对农户的价值。”先正达生物制剂中国区负责人房栋表示。有关市场机构报告显示,全球农业生物制品市场预计将从2024年的151.2亿美元增长到2035年的435.3亿美元,复合年增长率为10%。先正达、拜耳、科迪华、巴斯夫和诺维信等企业纷纷推动生物作物保护和土壤改良领域的创新。先正达集团生物制剂部门相关业务负责人马尔科·罗素认为:“全球农业正在进行绿色转型,生物制剂是土壤健康和再生农业理念和实践的关键工具之一,包括生物制剂在内的创新生物技术正在塑

造农业未来发展趋势,前景非常广阔。”中国生物刺激剂专业委员会主任刘健表示,生物制剂已逐渐成为继种子、化肥、农药后第四类重要的农业绿色发展生产资料,是农业可持续发展的重要支持。“在科研人员的不懈努力下,未来生物制剂将在保障粮食安全、应对气候变化、推动农业可持续发展方面发挥更大作用。”刘健说。