

破解谜题:研究气候变化对全球的影响(III)

美国国家科学基金会

6 生命

如果气候对地球生态系统和生物没有重大影响,那么气候变化只是地球科学纯粹的好奇心研究。但事实上,我们知道,生态系统的进化是为求生存而与可预测的年度气候模式变化相适应的。变化的气候模式会影响植物能在哪里生长和动物能在哪里繁衍,即便是微小的气候变化,也能够破坏生态系统中不同物种之间竞争与合作的精细平衡。气候变化可能毁灭地球生命的潜在性,使得对其进行研究非常必要。

地球生态系统不仅仅受到气候的影响,与此同时,它也在影响全球气候方面发挥重要作用。地球上的生物调节着大气的成分。植物生长在吸收 CO_2 的同时产生 O_2 ;植物死亡后,微生物则将其分解为土壤中的有机物、沼气、 CO_2 和其他副产物。土地利用和平均气温变化能够破坏生态系统循环和碳存储,可能造成大量的 CO_2 或沼气释放到大气中。地球上的森林、海洋、湿地、冻土地带及其他栖息地存储了巨量的碳。土地覆被和人类做出的关于植物在何处生长的抉择将对区域和全球气候产生深远的影响。了解参与碳循环的生物过程对于预测未来气候是十分必要的,目前人们正在进行各种努力,以将生命系统纳入全球气候模型中。

NSF 支持生物学家寻求对更暖的全球气候将给地球上的生命造成何种影响的进一步认识。NSF 通过提供研究资助和所需的基础设施,支持了美国学术机构 63% 的基础环境生物学研究,以推进生物科学的进展。

当认识到我们的物种自身高度依赖于地球生态系统时,这种研究的紧迫性即刻成为关注的焦点。生命有机体为我们做的远不止是提供食物、衣服和庇护场所。植物不只是提供我们呼吸所必需的 O_2 ,还帮助调节我们称之为家的这些地方的温度和湿度。植物的根系防止表层土流失,否则这些土会掩埋我们的家园。森林里摇摆的大树和万顷湿地通过吸收风和波浪的能量,平息风暴。微生物分解我们体内的垃圾,帮助我们消化食物。这个世界如果没有各类生态系统,人类的生存根本就不可能。

6.1 长期生态研究

为了了解气候变化如何影响某一生态系统,有必要对该生态系统进行持续的观察记录。25 年多来,NSF 稳定地支持

“长期生态研究(LTER)网络”,这是一项合作行动,由 1800 多名科学家和学生分别在坐落于美国、波多黎各、塔希提岛和南极等地区的站点进行生态过程研究。这 26 个 LTER 站点成为全球变化的观察窗。

这些观察台站记录了植物、动物、微生物和土壤与短期天气和长期气候变化相关的长期变化。LTER 站点通过控制的实验和长期观察阐明了生态系统的物理、化学和生物成分之间的相互作用。这些站点可以比较种群、群落和生态系统对环境变化的相对敏感性。通过对来自 LTER 站点的数据进行集成和建模,可以预测其对全球变化的正面和负面的影响。LTER 站点将研究范围从管理相对较少的景观地区扩大到管理相对较多的城市和农场。

6.2 国家生态观察网络

为了响应生态学界关于采用新的途径来研究生物圈的建议,NSF 完成了对生态观察网络进行规划的阶段,在这一阶段动用了前所未有的能力来研究造成生态变化的复杂现象。国家生态观察网络(NEON)是一个从区域到州际范围的网络,该网络将帮助我们了解气候变化、土地利用变化和入侵物种对生态的影响。NEON 将搜集生物圈对于土地利用和气候变化的生态反应数据及其对大气、水循环和其他自然与人类系统产生影响的反馈数据。

NEON 是全国性的观察台,而不是各地区观察台的集合。它将由无缝连接的分布式传感器与实验网络构成,并与先进的网络基础设施连接。采用标准化协议和开放的数据政策,NEON 将记录和存档基础数据,以加深理解应对国家生态挑战所需的科学知识和理论。

NEON 基础设施包括装备有先进仪器的塔台和传感器阵列、遥感设施,最前沿的实验室装置,自然历史档案以及数据分析、建模、可视化和预测的设施——所有这些都连接在一个网络基础设施的架构下。NEON 搜集的信息将为我们提供对整个美洲大陆范围发生的生态变化的最好和最完整的展示,并将证明其对气候建模人员和决策者的重要价值。

6.3 物种适应性

在野外研究中,生物学家几乎在他们研究的每一个生态系统都遭遇到意外变化,一些物种似乎尤其容易受到气候变

暖的影响。北极熊就是对气候变暖的反应似乎特别脆弱的一个有名的例子。海冰是北极熊猎取北极环斑海豹(北极熊的主要食物来源之一)所依赖的,但这些海冰在融化,这就减小了北极熊的捕猎范围。即便北极熊能够适应更暖的陆基生活方式,但竞争、同灰熊的杂交可能以及人类日益增多的干预,对这个物种的生存都带来了很大的挑战。

NSF 资助的研究人员还记录了濒危的其他物种,包括世界上许多的两栖动物。NSF 资助的研究取得的成果,为气候变化与导致几十种热带青蛙族群消失的传染性疾病暴发之间的联系提供了第一手证据。NSF 资助的其他研究人员已经汇编了关于 4000 多种哺乳动物的分布和多样性的最新信息,以便分析由于包括全球气候变化在内的种种威胁而导致物种消失的风险。通过这类信息,可以识别出濒临灭绝物种的“热点”区域,从而帮助自然资源保护者确定如何最好地分配资源。

尽管有些物种看起来会因为快速的气候变化而濒临灭绝,但另一些物种却为研究人员提供了前所未有的生物进化的活生生的例子。许多 NSF 资助的研究人员都记录了自然族群因为气候变化而产生的基因漂移。这些研究表明,气温和降雨量的极端变化正在为这样的生物体选择基因漂移,即其生命周期短到可以允许其适应当前的气候变化速度。例如,加利福尼亚南部干旱环境的出现使得野生芥菜植物族群(一种常见的野草)发生了基因漂移。经历了数千年干旱的植物族群,其开花时间比原先提前,提高了在因为缺乏雨水而被旱死之前进行繁殖的机会。

在另一个例子中,研究人员发现果蝇也随着气温的升高而发生基因漂移。研究人员把 30 年前从野生果蝇中收集到的基因证据与当前果蝇的基因特征进行对比。他们发现,位于较高纬度的果蝇与在原来的研究中位于较低纬度的果蝇具有相互关联的染色体特征。而为了保护果蝇免受更高气温的威胁,低纬度果蝇的染色体发生了改变;因此,果蝇似乎为了适应越来越高的气温而进行了基因漂移。在候鸟、蚊子和其他物种族群中,还发现了由于与全球变暖有关的变化而发生的基因漂移。

除了基因漂移之外,不断升高的气温和 CO₂ 水平还会影响基因表达。在最近的一项研究中,NSF 资助的研究人员发现,因为当前的气候模式将导致 CO₂ 水平升高,在这样的环境下种植的开花植物,其开花时间会大大迟于在近代大气 CO₂ 水平下种植的同类植物的开花时间。这项研究对于预测各种植物和农作物将来的行为具有重要的意义。

6.4 美国国家生态学分析与综合研究中心

NSF 所资助的位于加州大学圣塔芭芭拉分校的美国国家生态学分析与综合研究中心(NCEAS)是我们将来期望可以看到的跨学科合作的一个主要例子。生态学者与相关领域的专家共同工作,以解决生态学中的重大基本问题,并将解决方案用于管理和政策制定中。该中心主要是利用现有的数据,开发和测试重要的生态理念和理论。该中心的研究人员以团队的方式工作,主要通过先进的方法分析生态信息,获

取并使用数据,促进可靠的科学结论在政策和管理决策中的运用,同时还研究与生态科学有关的社会问题,并建立可靠的生态学教育准则。

NCEAS 的研究项目主要研究的问题包括气候变化与森林病原体、全球气候变化与保护优先领域的改变、生物多样性以及许多与生态系统和气候变化相关的其他主题。其研究为解决各种复杂的生态系统问题提供了洞见。

在研究人类活动对海洋的影响时,NCEAS 的研究人员制定了关于世界海洋的详细地图,为政策制定者提供了关于气候变化、过度捕鱼和污染对世界海洋的巨大影响的清晰而明确的观点。研究团队发现,全球超过 40% 的海洋面积都受到了人类活动的严重影响,几乎没有人类没有到达的区域。

6.5 海洋中的生命

海洋中最重要的多种生态系统之一可能就是气温和海洋化学物质变化最敏感的一个系统。珊瑚礁为大量的动植物提供了栖息地。它们作为一种天然构造,降低了暴风雨期间海洋波涛澎湃的破坏性影响。NSF 资助的研究人员正在研究珊瑚,了解它们怎样将不断变化的海洋条件复原。在最近的一项研究中,科学家发现,海洋温度升高会导致珊瑚排出让其呈现出五颜六色的共生藻,从而出现白化事件。研究人员发现,这是受到胁迫的动物的一种处理战略。通过吃掉周围水域的浮游动物,珊瑚可以度过白化期,这表明珊瑚可能度过将来海洋温度升高的时期。

6.6 白令海生态系统研究

白令海(Bering Sea)是世界上生态物种和经济产物链最丰富的海域之一,占美国捕捉的鱼类和贝壳类产品的 50% 以上。它位于对气候非常敏感的北极圈地区,这意味着全球变暖的效应对以白令海为家园的生物体具有重大的影响。通过与北太平洋研究委员会合作,NSF 推出了白令海生态系统研究项目(BEST),以期提高我们对气候变化对白令海海洋生物系统的影响的认识,包括气候变化的社会影响以及人类活动在该系统中的作用。白令海生态系统研究项目将研究白令海中不断缩小的海洋冰面、逐渐降低的海洋盐分、以及浮游动物生存状况。

6.7 结论

地球上的生命对全球气候有着意义深远的直接影响;它是碳链上的重要环节。像森林这样的生态系统可以调节局地的热气和湿气的流动,从而影响局地的气候模式。为了做出精确的气候预测,将来的气候模型也必须考虑生物的影响。生物很容易受到气候变化的威胁;在逐渐变暖的气候条件下,植物和动物都将面临生存环境的巨大变化。有些物种已经表现出了适应不断变化的气候的能力,但是我们还没有完全了解人为的气候改变对地球上动植物物种的影响。通过长期的环境观察、现场工作和对生态系统数据的统计分析,我们已经获得了关于气候变化对生物圈影响的重要信息。在下面的研究成果选粹中,我们将描述许多 NSF 所资助的生命研究项目。这些项目对于我们理解地球上的生命如何影响气候

变化以及气候变化会对其产生怎样的影响做出了贡献。这些研究还为下一代生命科学家提供了珍贵的经验和培训。

附:生命研究成果选粹

(1) 全球变暖与两栖动物灭绝之间的联系

根据 NSF 所资助的研究获得的结果,全球变暖正在导致传染性疾病的暴发,而这种传染性疾病正在让整个蛙类族群趋于灭绝,许多物种面临消失。该研究揭示了全球变暖如何引起对蛙类致命的皮肤真菌的变化。该研究的发布者称,由气候变化引起的真菌疾病,已经让全球成百上千的物种濒临灭绝,或者已经把它们推入深渊。

在哥斯达黎加(Costa Rica)的偏僻山区,自 20 世纪 80 年代以来就再也看不见蒙特韦尔德(Monteverde)森林的小丑蛙(*Atelopus* sp.)和金蟾蜍(*Bufo periglenes*)了,权威机构认定,它们已经灭绝。这些热带物种的消失对科学界敲响了警钟。迄今为止,在美国地区特有的 110 种彩色小丑蛙类中,几乎 70% 已经因为一种致命的真菌(蛙壶菌)而灭绝。研究人员利用海洋表面和空气温度的记录,提供了彩色小丑蛙类随气候变化而消失的证据。根据科学家的假设,地球不断提高的温度,使得笼罩在热带山林上空的云层加厚,导致白天温度降低和夜晚温度升高,而这两者都有利于壶菌的生长。

此项研究结果在发表时引起了对两栖动物的未来的担忧。2004 年出版的《全球两栖动物评估》发现,在世界上 6000 种左右的蛙类、蟾蜍和火蜥蜴中,有近 1/3 因为各种原因而濒临灭绝——这个比例比任何其他动物种群都大。

(2) 预测面临风险的下一类哺乳动物

尽管温度升高和冰层消失的新闻已经预示着最近要把北极熊添加到受威胁物种的清单中,但并不是所有的物种都有了这种明显的警告信号来告诉它们正处于危险中。有一种新的数据库可以让研究人员利用详细数据确定保护现在受到威胁的物种的最优战略,并预测将来可能会面临风险的物种。

NSF 资助的这项创新性工作,由弗吉尼亚大学的 John Gittleman 负责,他们把关于 4000 多种哺乳动物的分布和多样性的最新信息与有关它们的覆盖范围的极为细致的地图结合在一起。要将这么多的地理信息汇集在一起,需要全世界的哺乳动物专家协作,并且要开发可以叠加成千上万张地图的新的计算机软件。通过这种综合,研究人员就能够阐释有关物种的分布范围怎样与特定的生态学、形态学和生命历史特征(例如,庞大的身体、长时间的孕育等)相结合,从而增加特殊物种的灭绝风险。他们利用目前的风险因素信息,结合预测模型识别将来物种消失可能性最高的地理区域。尽管当我们把哺乳动物与其他脊椎动物的分布范围进行对比时,物种丰富性的地域模式变得非常明显,但是,当地稀有哺乳动物的热点地区与对于鸟类和两栖动物而言非常重要的区域这两者基本上是不重叠的。

(3) 气候变化的遗传影响

最近,许多 NSF 资助的研究人员都论证了因气候变化而

导致的基因漂移。这些研究表明,气温和降雨量的极端变化正在导致生命周期很短的生物体发生基因漂移。

在加州大学欧文分校,Arthur Weis 正在研究加利福尼亚的 5 年干旱如何导致野生芥菜的基因改变,野生芥菜是美国常见的一种野生植物。Weis 收集了干旱之前和之后的野生植物种子,然后将它们在同样的条件下进行培育,观察两种样本之间的差异。即使提供足够的水分,在干旱之后收集到的种子开花还是更早一些。在干旱期间,因为自然选择偏好这一特征可以让植物在自然条件变成致命的干旱之前成功的结果。为了加强研究,Weis 组织了一次由 NSF 资助的研讨会,鼓励科学家共同收集和保留北美地区的种子。该项目被命名为基线(Baseline),将为科学家提供重要的资源,来研究因将来气候变化而导致的进化事件。

在全球范围,华盛顿大学的 Raymond Huey 和威廉玛丽学院的 George Gilchrist 发现了果蝇因温度升高而发生的基因漂移。他们研究了被称为染色体倒位的一种基因漂移类型。在 40 多年前,科学家们记录了野生果蝇群体 *Drosophila subobscura* 的基因重组,并注意到与果蝇所处纬度有关的染色体倒位的频率。尽管这种倒位的具体目的尚未可知,但它很显然为了保护果蝇来对抗升高的温度。Huey 和 Gilchrist 使用过去的的数据,并增加了目前位于 3 个大陆的果蝇的信息。他们的分析表明,当代的果蝇与 1981 年的果蝇之间存在基因上的差异:处于较高纬度的果蝇比低纬度果蝇拥有更多的染色体倒位。换言之,这些果蝇为了适应更高的温度而发生了基因漂移。

(4) 气候变化:进化的一种驱动力

气候变化已经导致不同的物种发生了可遗传的基因漂移,像鸟类、松鼠和蚊子,还导致了诸如分布范围、繁殖模式、冬眠和迁徙等特征的变化。由于气候变化最明显的一面是温度升高,所以我们很简单地将这些基因漂移归因于更高的温度。不过,许多物种是利用白天的长度作为一种关键提示,不断变化的温度会导致这些提示与环境条件之间的匹配发生混乱。正如俄勒冈大学的 William E. Bradshaw 和 Christina M. Holzapfel 在最近发表的论文中所讨论的那样,科学家们发现,当物种适应气候变化时,对白天长度和季节时间点的变化的适应非常重要。

在一项关于猪笼草蚊子的研究中,Bradshaw 及其同事在模拟的南方气候下用更短的时间培育了来自北方种群的蚊子。蚊子产的卵更少了——损失的 88% 的卵是由于转移过来的蚊子要经历相对于温度而言不正确的白天长度。当气候变化时,北半球的许多物种都将向北迁徙,以避免受到不断增加的炎热压力。不过,对于白昼长度是其生长和繁殖的重要决定因素的物种而言,就不得不适应新的白昼长度来避免混乱了。这项研究强调了全球变化的复杂性,需要理解这种变化的许多方面将如何与生物体及其进化发生相互作用。

Bradshaw 和 Holzapfel 提到,对人为的快速的变化的进化适应可能只发生于生命周期短、种群数量庞大的小型动

物中,因为这些是快速进化的条件。生命周期长、种群数量少的大型动物没有别的选择,只能迁徙到比较冷的气候所在地,遭受种群数量的减少,或者被来自历史上更温暖气候的物种所代替。尽管研究人员仍然在研究进化发生的精确机制和速率,但大家普遍认为,气候变化将会大大改变我们的自然群落。

(5) 全球气候变化与开花之间是否存在关联?

根据对过去研究的调查,堪萨斯大学的研究人员了解到,不断增加的CO₂对大多数植物种类的开花时间有重要影响,尽管出现这种反应的机制尚未被很好地理解。通过利用拟南芥(*Arabidopsis thaliana*,一种生命周期相对较短的小型开花植物),研究人员第一次证明了提高CO₂水平可以影响开花开始的基因表达。具体来说,他们发现,开花调控基因 *Flowering locus C* 对于决定生长在CO₂水平提高后的环境下的植物会延迟开花方面起到很重要的作用。通过阐述这些具体的机制,科学家可以更好地预测将来植物对环境变化所作出的反应,并确定改进农作物以应对将来不断增加的CO₂浓度的最佳方法。

(6) 关于人类总体活动对海洋生态系统影响的第一张全球地图

关于人类对海洋生态系统的影响的第一次全球规模的研究结果表明,世界40%多的海洋面积都受到了人类活动的严重影响。由斯坦福大学的Fionrenza Micheli和北卡罗来纳大学教堂山分校的John Bruno开展的一项研究,经过位于加州大学圣塔芭芭拉分校的美国国家生态分析与综合研究中心与许多来自大学、非政府组织以及政府机构的专家一起进行的分析,描述了人类对全球海洋生态系统变化的严重影响。研究人员把17种不同的人类行为因素进行重叠,包括钓鱼、污染和商业运输,制作出人类对海洋施加影响的综合地图。他们还把人为气候变化的影响,像海洋的酸化、增加的紫外线辐射以及海洋温度变化等纳入研究范围。他们发现,几乎已经不存在未受人类影响的地区,不过大部分地区受到的人类影响仍然相对较少,尤其在极地附近。他们还发现,不同的生态系统受到的影响不同。硬底和软底大陆架以及岩石暗礁的累积影响分数最高,而开放性的海洋和深水地区的累积影响分数最低。这种分析可以为分配保护资源的区域和全球性工作提供珍贵的工具,并为以生态系统为基础的管理提供情报。

(7) 珊瑚礁白化:一种求生存的新奇战略

见海洋部分。

(8) 微生物沐浴可以帮助两栖动物对抗真菌

蛙壶菌是一种致命的病原菌,正在导致世界上许多两栖类物种的数量减少和灭绝。NSF资助的研究人员发现了一种可能的解决方案,即为两栖动物接种某些细菌来帮助对抗感染。科学家相信,由于污染和气候变化所造成的压力越来越大,两栖动物变得更容易受到蛙壶菌的影响。詹姆斯·麦迪逊大学的Reid Harris及其同事从常见的火蜥蜴的皮肤上提取出不同的细菌物种,并将这些物种分别放置在皮氏培养皿中

培育的蛙壶菌上。然后,Harris及其同事让红背火蜥蜴在这些细菌中泡2h,再用致命的真菌去感染它们。研究发现,18天后,接受细菌浴的火蜥蜴能够自行去掉真菌感染的比例比没有经过处理的火蜥蜴高近30%。

Harris建议,在受威胁的两栖动物经常出现的池塘或地点添加对抗真菌的细菌,这样或许能够逆转两栖动物数量下降的趋势。全世界两栖动物数量的下降已经困扰科学家几十年。这项研究为处理这个危机提供了一线希望的曙光。

(9) 海平面上升对南佛罗里达州影响的长期生态研究

在沼泽地区,气候变化主要通过海平面上升和飓风的形式体现。在过去的一个世纪里,海平面上升再加上流入沼泽地河口的淡水急剧减少,已经导致红树林湿地向陆地侵蚀。飓风风暴在这片非常扁平的地形上的肆虐,加速了向陆地的侵蚀。

海平面上升还导致盐水侵蚀比斯坎湾(Biscayne)的浅水蓄水层,该蓄水层供应着600多万人需要的淡水资源。因此,海平面上升和风暴的频率及强度都威胁着不断增长的人口供应淡水的长期可持续性。面对这些威胁,有许多复原项目在想办法增加流入海岸沼泽地的淡水。复原或许能够临时减缓海平面升高对陆地的侵蚀,提高对关键的比斯坎湾蓄水层的补充;但是,因海平面上升而导致的气候变化的长期后果会毁掉复原的可能成果。

佛罗里达滨海湿地长期生态研究计划进行的新研究整合了社会科学和自然科学来评估湿地恢复、由不断增长的人口驱动的土地使用变化,以及淡水供应问题之间的复杂的相互作用。这种综合研究方法的重要性经常定期在不断增加的飓风登陆的新闻中被提到,比如最近破坏力很强的卡特林娜(Katrina)和丽塔(Rita)飓风。

(10) 海平面上升对红树林的威胁

海平面上升威胁着许多沿海生态系统,包括红树林。在整个热带地区,这些生态系统非常适合存在于陆地与海洋之间,可以提供关键的生态和社会效益,包括为具有重大商业价值的鱼类提供栖息地和避难所、缓冲飓风和海啸的影响、预防陆地侵蚀以及在从陆地上流下来的水到达敏感的海草和珊瑚礁生态系统之前对其进行过滤沉淀。为了让这些边界生态系统和其中包含的成千上万的物种能够健康生活,或者说能够生存下去,红树林非常必要。

红树林可以通过其缠结的根系收集沉淀物和碎片来构建陆地。NSF资助的美国地质调查局科学家Karen McKee通过调查红树林的天然功能,以及通过诱捕有机物质垂直构建沉淀堆积物的能力,研究了红树林生态系统在海平面上升的情况下保持陆地高于海平面的能力。McKee发现,在她所在的中美洲周围,红树林可以容许海平面以每年4mm的速度上升。McKee所在地方的海平面上升速度预计每年在7—8.5mm之间,而关于全球海平面上升研究的大多数模型都预测海平面会以每年3—5mm的速度上升。

McKee的工作表明,世界上许多红树林生长地并不能够

跟上目前预测的海平面的上升速度。红树林生态系统在应对海平面上升时还需要向陆地扩张,然而在许多地方,由于自然和人类活动的障碍,红树林无法得到陆地。红树林植被的消失将使土壤积聚停止和陆地被侵蚀,导致更多陆地被海水淹没。

(11) 正反馈:冰原地区新植被的增长导致进一步升温

许多气候诱发的变化本身也在影响气候,这样的一个因果循环被称为反馈。在对气候变暖表现出正反馈的生态系统中,气候对生态系统的最初影响会导致进一步促进升温的变化。这些变化改变了主要的生长和营养圈,改变了在这些生物群系中已经存在了数百万年的本土物种的栖息地。由于气候变化,植被的变化预计更广泛一些,尤其是在北极圈的冰原地带。政府间气候变化专门委员会估计,截止到2100年,全球变化会导致目前生长在冰原地带的40%的植被消失;它们将被北温带北部森林代替。

由NSF资助的阿拉斯加大学费尔班克斯分校的M. Syn-
donia Bret-Harte进行的项目,研究了原始冰原地带的消失及其与气候变化之间的关系。尽管有其他研究已经调研过这个问题,但大多是采用不同的方法,局限于很小的研究领域和很短的时间期限,从而限制了科学家推断出广泛范围影响的能力。不过,NSF资助的研究人员作为被国际冰原实验挑选出的科学家网络的一部分,研究了全世界11个冰原地带的植物群落的反应。

研究表明,即使温度的稍微增长,也会导致冰原植被的巨大变化,因为有维管的植物在温暖的环境下会长得更高。这些快速变化只需两个生长季节就可以完成。科学家观察到了增加的叶子密度和从草本植物向木本植物的转变。在这个传统上很寒冷、以相对很稀疏的灌木为主导的生态系统中,更大的叶子密度很可能会因为吸收阳光总量的增加而进一步让大气升温。

(12) 由于CO₂浓度的提高致使毒葛变得毒性更强、数量更多

NSF资助的研究指出,80%的人在接触到毒葛后会出现皮炎的症状。这是美国毒药中心报告的最广泛疾病之一。这种植物最初在北美洲数量很多,后来进入欧洲和南非,现在又入侵澳大利亚和新西兰。由于它分布广泛,并且对全球大气层中CO₂含量水平的提高有所反应,所以毒葛已经成为一个全球性的公共健康隐患。

NSF资助的国家海洋生物实验室生态中心的Jacqueline Mohan在杜克大学进行了为期6年的开放式空气CO₂浓度增加实验。她在实验中评估了大气中CO₂浓度的增加对原始森林中毒葛的生长和生存的影响。Mohan还研究了CO₂浓度对漆酚的影响,漆酚是毒葛排放的刺激性化学物质。

Mohan证明,CO₂的富集会提高植物的光合作用和对水的利用效率,并且在5个生长季节里就能刺激毒葛的增长。提高了的CO₂浓度会使不饱和漆酚的浓度提高153%,让毒葛变得更有活力。像毒葛这样的木质藤蔓的增加,会让森林“窒息”,导致树木死亡,重新生长速度变慢。这些发现表明,

按照估计的大气CO₂含量水平,毒葛会长得比现在更大、数量更多、毒性更强。

(13) 受气候变化影响的热带森林

气候变化对全球的热带森林造成了相当大的威胁。NSF资助的科学家研究了气候变化对直接生长在热带雨林中的树木上的小型植物的影响。这些植物被称为附生植物,是调节季节性降雨量的“介质”,因为它们可以从降雨和尘雾中吸收水分和营养。预计热带山区森林的云层水分会减少,这将威胁到这些植物。

由于气候的变化,热带山区森林的云层中的水分预计会减少。常青州立大学的Nalini Nadkarni研究了水分的减少对附生植物的影响。在Nadkarni的工作中,她把这种附生植物移植到了云层覆盖较少的低海拔地区,来模拟预期的不利条件。实验结果表明,气候变化将会导致附生植物和叶子生长的减少以及死亡率的增加。

附生植物减少对生态系统的生物多样性、生产力和恢复能力都有影响,因为这些植物为树冠下丰富的物种提供了栖息地和资源。由于许多物种都依赖于附生植物,所以它们的减少会产生串联效应,威胁到栖息在树冠下的许多植物和动物。减少的云层覆盖还会降低森林固住的土壤数量,这会让生态系统发生永久性的改变。

(14) 长期研究带来的完美理解:氮循环

NSF资助的研究人员简化了以前对腐烂植物向土壤中排放氮的复杂理解,这种排放对全球的氮和碳循环模式具有重要影响。由科罗拉多州立大学William Parton领导的长期联网分解实验团队(Long-Term Intersite Decomposition Experiment Team)发现,细菌在分解落叶和死树根的过程中排放的氮的数量主要受两个因素的控制:即有机物最初的氮含量和有机物中剩余的氮含量。这一信息被该团队用来开发模拟氮排放的简单公式。

由于每一种生物群落的氮排放控制几乎都是相同的,所以创建模型的人可以使用巴顿的公式来改进全球气候变化模型。了解全球氮循环非常重要,因为由土壤中的细菌和真菌分解腐烂物质而释放的氮要为植物提供铵和硝酸盐。铵和硝酸盐作为氮的无机形式,对于植物的生长至关重要,而且经常供应不足,从而限制植物的生长。对腐蚀物质的氮排放作用的更好理解,可以帮助科学家理解全球气候模型中的植物生长和碳吸收。

研究人员为了加深全球对氮排放的理解,他们在21个地方重复进行了同样的分解研究,包括从热带雨林到冰原的多种生态系统。经过10年的测量之后,研究人员利用美国国家生态学分析与综合研究中心(这是一个由NSF成立的利用现有数据形成和测试重要的生态理念和理论的研究中心)的资源综合了他们的数据。通过在美国国家生态学分析与综合研究中心的工作,长期联网分解实验团队发现几乎在所有的地方,氮排放的控制因素都是相同的。他们能够利用这一信息制定出一套简单且易于理解的氮排放公式。

(15) 氮——气候变化建模的肥料

由于我们不能量化陆地生物圈到底能够封存多少碳的具体数值,关于大气中 CO_2 浓度的提高对气候影响的预测受到阻碍。碳封存(通过生物或地质过程去除大气中的碳并将其存储起来)具有延缓全球变暖速度的潜力。科学家正在试图理解,陆地生态系统如何将应对目前模型所预测的不断增加的碳的可获得性以及全球变暖的条件。

在最近的研究中,NSF 资助的科学家 Edward Rastetter 及其同事把碳封存与生态系统中氮的形式联系起来,这使得他们能够识别引起化学反应的有机氮与无机氮的可获得性,这些化学反应推动着各种生物流程(如植物生长)。他们利用陆地生态系统中简单的碳-氮相互作用模型,发现在较短的时间范围内(不到 60 年),氮的获取形式不那么重要;不过,在较长的时间范围内(多于 60 年),碳封存的速度与生态系统中累积氮的数量和形式存在关联。特别值得注意的是,他们还确定了在长期的碳封存过程中,系统会损失有机氮。

(16) 如果永冻土融化,会发生什么事情?

最近,NSF 资助的研究发现,北极圈泥炭地升温并不一定会增加导致全球变暖的温室气体。科学家曾经预测,随着大气层温度的升高,永冻土融化的速度会加快,存储在这些冰冻泥炭地土壤中的有机物质将会分解,向大气层释放出更多的温室气体(如 CO_2 和沼气)。但是维拉诺瓦大学的 Kelman Weider 及其团队发现,尽管温度升高会导致永冻土融化,但同时还会增加可以从大气中吸收碳的苔藓的增长。这些科学家发现,植物对气候变化的反应对于地球的气候系统具有很重要的反作用。

当腐烂的植被在永冻土层聚集时,就慢慢形成了泥炭地。长时间以来,这些北方的湿地存储了数十亿吨碳含量丰富的植物材料。在 Weider 的 5 年研究中,研究人员使用现场测量、航空调查和其他方法监控碳存储和沼气释放的变化。

在此项研究期间,研究人员还研究了泥炭地的土芯。这些土芯可以说明生态系统的气候和生态历史。泥炭地的土芯表明,随着永冻土不断降级和泥炭地开始变干旱,生长缓慢的植物将替代喜欢水的生长迅速的苔藓。因此,目前苔藓生长对碳的吸收速度,或许可以补偿温室气体的排放。

(17) 全球变暖对树木及吃树叶的昆虫的影响

暴露于 CO_2 浓度增加的大气中,可能会改变树叶的特性,这有可能会影响植物遭受食草动物的损害的数量。NSF 资助的研究人员对生长在大块林地、暴露于提高了的 CO_2 浓度中的 12 种阔叶树树叶的关键化学性质和咀嚼口器害虫(chewing insect)所损害的树叶组织的数量进行量化,来模拟到 2050 年预计的大气条件。尽管每年之间都有很大的差异,但提高了的 CO_2 浓度会降低食草动物对这些树种的损害。这种下降趋势与在 CO_2 浓度提高后的环境中生长的植物树叶中较低的氮平均含量和较高的植物防御性化学物质的含量有关。将来随着 CO_2 浓度的继续提高,食草动物对阔叶树树叶的损害可能还会降低。这可能会改变森林生态系统中鸟类

和其他昆虫捕食者的食物摄取行为。

(18) 信息化基础设施和生物多样性

生物多样性信息学是一门新兴的跨学科的包含大量数据的科学,越来越依靠网络通信和以计算机为基础的研究协作,它正在改变生物学家和生态学家走近科学的方式。2006 年 1 月,墨西哥、巴拿马、哥斯达黎加和哥伦比亚的政府科研机构以及美国 NSF 联合发起了关于“国际生物多样性研究合作的信息化基础设施”的研讨会。研讨会的参与者由信息化基础设施和环境科学专家组成,他们探讨了相关科学研究和教育的目标、优先资助领域以及为进行生物多样性和生态研究而需要提升和保持地区信息化基础设施的技术能力。研讨会促成了下列两项活动的实施。

第一,2007 年后期在哥斯达黎加大学和热带研究组织(OTS)拉塞尔瓦(La Selva)生物研究站举办的泛美高级研究讲习班(PASI),以“国际合作的生物多样性和生态信息学信息化基础设施”为主题(各期 PASI 在 NSF 和美国能源部的支持下就当前的研究主题提供短期培训课程/研讨会)。此次为期两周的 PASI 强调了基于互联网的信息化基础设施工具在环境研究协作中的开发和应用。PASI 主要面向美国、墨西哥、哥伦比亚、哥斯达黎加以及中美洲的其他国家。

第二,将通过 NSF 小额探索性预研项目(SGER)建立一个由来自美国和拉丁美洲的环境和网络研究人员组成的工作组。该工作组将为 OTS 拉塞尔瓦生物研究站的雨林环境传感器网络评估联网和软件要求。此项研究的结果将被纳入区域环境监控和传感的开源软件协作开发中。

所有这些活动都代表着合作研究团体的构建和学生培训的重要步骤,尤其侧重于提升区域尺度环境研究所需要的信息化基础设施和计算机方法。跨越政治边界对生物系统开展工作多年的生物多样性研究人员将可以利用国际网络通信和服务,来推动和变革他们的合作。

(19) 气候变化如何让海洋生态系统窒息

在研究气候变化对温和的沿海系统的氮循环影响时,罗德岛的研究人员第一次把全球变暖与营养循环的根本变化进行了科学关联。研究人员发现,他们所观察的河口已经从氮的过滤器转变为氮的来源——这对海洋生态系统具有深刻的不利影响。之前,当这个循环以脱氮(将氮移除)作用为主时,沿海的海洋沉积物能够清除水中多余的氮。当氮被固定后,这个循环开始将氮转变为生物可以利用的形式(如铵或硝酸盐),从而将更多的氮带入系统中。研究还发现,沉积物所增加的氮是土壤和大气中的氮总和的 1.5 倍。如果这个过程发生在其他地方,沉积物可以产生大量的氮,这将对离岸的生态系统具有重大影响。从事这项研究的人员正在调查路易斯安那州的湿地的氮循环,看其是否存在类似的条件。

(20) EcoPod 为见多识广的业务爱好者和专家提供的电子野外指南

EcoPod 是基于 PDA 的移动接入系统,它可以通过提高识别过程的效率及识别的可靠性,来增强全球的研究人员和

公民科学家(即经过培训的、研究真实世界问题的志愿者)的观察的价值。生物研究严重依赖于大量物种观察资料的收集。例如,某些物种的丰裕程度的变化或者生命活动时间点的变化(像开花时间),对于理解城市化和气候变化或者外来动物物种对当地作物的入侵所带来的影响至关重要。因此,扩大易于使用的工具的可获得性可以让业余爱好者做出重要的科学贡献。例如,在识别黑脉金斑蝶(monarch butterfly)的关键习性或者鸟类迁徙模式及数量多少的变化方面,业余爱好者群体都取得了重要成果。这种贡献面临的挑战之一就是其质量的可靠性。

识别过程是通过决策树(带有表明可选项分支的决策图)来完成的,在生物学中称之为“钥匙”。EcoPod 技术对于用户识别一个物种所需要具备的知识要求得很少,从而可以节约时间。这种以知识最少化为目的的优化,是通过不断地分析向用户提出的关于其手中标本的最明显的特征,然后只选择在给定的时间和地点能够观察到的特征来实现的,即系统具有前后联系的功能。同时,EcoPod 对于用户输入他们所观察到的特征的顺序没有限制。该工具记录的是识别的结果,并对识别过程进行一步一步的记录,从而为确保质量提供了审查测试。该系统还能迅速矫正错误,当不需要再增加识别所需要的步骤时,可以立即停止识别过程。用户可以在决策点上创建和附加书面注释和照片。所有这些都可以被上传到大型数据库中,像电子鸟库(eBirds)或“已知蝴蝶库”(“Butterflies I've Seen”),而无需进行额外的符合网页形式的转换。

尽管该技术是为生态学家和其他野外研究人员设计的,但它可以被推广到其他基于观察的决策制定过程,像分类法、医药、设计和其他以证据为基础的专业中。

(21) 自然与营养: 遗传结构如何影响植物对环境线索的反应?

2007 年华盛顿特区的黄水仙和樱桃树为什么在 1 月中旬开花了? 随着全球变暖导致冬季变得温和之后,将来这种不正常的开花时间会变得很常见吗? 如果是这样,这种季节混乱会影响作物产量或野生植物种群的持续吗? 要想回答这些问题,最重要的是要理解植物如何从多种环境线索(如白昼长度、生长温度和过去冬季的寒冷程度)中获取信息、在最有利的季节条件中开花,以及对这些线索进行反应的自然遗传变异是怎样让植物分布在不同的地理位置,并对现在的气候变化作出反应的。一个由 Johanna Schmitt 领导的跨学科研究团队正在研究小野草拟南芥(鼠耳水芹)的开花反应的自然遗传变异。这种植物(菜籽、椰菜和橄榄菜等作物的近亲)是分子植物基因研究使用的主要模型。

拟南芥是欧亚大陆的本地作物,几乎遍布整个北美洲。除了地域范围之外,这种作物分布的气候范围也很广泛,从地中海到亚北极区。为了研究隐藏在这种广泛的气候范围背后的基因机制,研究团队正在收集生长在本土范围内不同生态和环境背景(生态型)下的拟南芥组合的分子、基因和生态

数据。然后对它们进行测试,看其在开花反应中是否能观察到与自然地理差异有关的生态型 DNA 变异。同时,该团队还在西班牙、德国东西部、英国和芬兰的自然野外条件下种植它,通过与 7 位欧洲主要的拟南芥研究人员合作,确定开花机制的自然遗传变异如何影响物种在不同气候范围下的表现。

他们的主要发现表明,在生长季节很长且气候温和的地区,单个基因的自然变异会改变植物的整个生命周期,从需要冬季变冷才能开花且一年生的植物,变成不需要冬季变冷就能开花且一年好几代的植物。就像美国一样,欧洲最近的冬季天气也是异乎寻常的温暖,所以该团队有一次意想不到的机会,可以对每一个地方的植物所经历的具体环境线索进行详细测量,检验气候变化对野外条件下拟南芥植物开花和繁殖的影响。就像华盛顿的樱桃树一样,实验中的许多植物都令人意想不到地提前开花,从而让团队可以研究对变暖的气候做出反应的开花基因基础。

了解自然遗传变异如何影响对环境线索做出反应的开花模式,是认识环境对遗传的总体影响的重要一步。这项突破性的研究并没有促进对植物遗传和发展的了解,却有可能促进农作物工程和其他先驱领域的进步。

(未完待续)

本文第 I、II 部分分别发表于本刊 2011 年第 15、16 期。

· 学术动态 ·



“2011 年第二届通信与安全国际会议”征文

中国通信学会将于 2011 年 11 月 11—12 日在杭州召开“2011 年第二届通信与安全国际会议”。

征文范围:智慧城市与绿色 IT; 通信网络技术与应用; 密码学与信息安全; 生物医学工程学; 医学图像和计算机工程; 医学工程和医院管理。

联系方式:投稿通过网上投稿系统(www.leaderstudio.net)提交,截稿日期为 2011 年 8 月 31 日。

电子信箱:iccs@leaderstudio.net, 联系电话:010-62222430。通信地址:北京邮电大学 287 信箱(100876)。