

# 复旦团队“反向操作”破解生态修复难题

想要修复生态系统,人们传统的做法就是降低环境胁迫、植树种草,再等植食动物、捕食动物按食物链“自下而上”逐步自然恢复,现实果真如此理想吗?

事实上,长久以来,许多传统生态修复工程难以奏效。

复旦大学生命科学学院生物多样性与生态工程教育部重点实验室:贺强、吴纪华、李博团队突破“自下而上”的传统思路,构建了基于食物链“自上而下”,反向调控的生态修复增效方案,相关成果在 Science 等国际期刊发表,入选复旦 2023 年度“十大科技进展”,还被评选为 2023 年度“中国生态环境十大科技进展”。

曾经的长江口崇明东滩湿地,水丰草茂,鱼鸟成群。上世纪九十年代,入侵植物互花米草挤占了海三棱藨草等土著植物的生存空间,食物链遭到破坏,生物多样性锐减。

人们铲除互花米草,重新种上原有滩涂湿地植物——依照生态修复传统的理论,原生植物恢复后会吸引来食物链更高一级的植食性动物,而植食性动物又会吸引来肉食动物,肉食动物再吸引来食物链中更高营养级的捕食者……顺着食物链由下而上逐层自然恢复,生态系统最终趋于稳定,一切似乎顺理成章。

但事实并非如此——崇明东滩滩涂湿地的恢复效果不尽人意,近 10 年来海三棱藨草一直未

能在滩涂湿地互花米草治理区恢复起来。

这其中到底发生了什么?架起红外相机全天候监控,贺强团队最终“揪出”了罪魁祸首——一群以植物为食的小型蟹类,白天蛰伏不动,晚上成批爬出来觅食。

“种植植物会快速吸引来大量植食性蟹类,它们不断啃食植物,而更高营养级的捕食者却‘姗姗来迟’。因此,植被及整个生态系统很难恢复到稳定的状态。”贺强解释,在许多生态系统中,位于食物链不同营养级的生物的恢复并不同步,因此仅降低环境胁迫、植树种草的传统生态修复方案,未能奏效。

如果“从下至上”的修复方式失效的话,能否通过重引入肉食动物“从上至下”助力生态修复?比如,在崇明东滩引入水鸟等已大幅丧失的肉食动物,对植食性蟹类进行捕食和伺吓。

“我们有时候需要反向思维。把动物管理好,植被才会恢复得更好。”贺强团队开展多年度野外控制实验,并对水鸟、蟹类、植被之间的相互作用进行精细刻画,发现崇明东滩的植被难恢复与缺少水鸟

等高营养级捕食者抑制植食性蟹类紧密相关。相关研究成果发表在 Nature Communications 上。

通过进一步在全球尺度上研究动物消费者对植被恢复的影响,贺强团队还发现,传统“自下而上”生态修复方案的失效,不止出现在中国,世界上许多地区的生态系统修复都面临类似问题——刚开始恢复的植被被植食性动物抑制,但植食性动物却没有被更高营养级的肉食动物抑制,这种食物链紊乱问题导致生态系统很难完全自然逐步恢复。这项研究成果发表于 Science,并被选为封面论文。

Science 同期配发的专文评述认为,该研究结论“挑战了动物会随植被恢复而自然恢复的传统观点,突出了生态系统退化崩解过程和恢复重建过程的不对称性”。

“生态学研究,特别是野外生态学研究,周期长,很难在短期内就对大自然有突破性认识。”贺强直言,从事生态学往往需要长期积累,必须“沉得住气”。

长期的野外调查和数据积

累,是生态学科科研人员的“必修课”。2006 年,还在读大二的贺强就开始到黄河口开展生态学野外调查,结下和滨海湿地的不解之缘。当年,他揣着纸质地图,每天单程骑二三十公里自行车,将黄河口的每条小道走了个遍。

如今,每年 4 到 10 月份这段植被的生长季,贺强团队成员都会前往长江口、黄河口开展滨海湿地生态学野外调查和实验。早出晚归,风吹日晒,浑身淤泥……是团队成员的工作常态。

滨海湿地野外研究常常需要乘船到近海的小岛或泥沙淤积新形成的大片滩涂上去,由于没有路,进去必须“跟着潮水走”——涨潮时驾小艇或冲锋舟进入,再趁涨潮的机会出来。因此,大家很多都练就了开船的看家本领。

“去野外开展现场研究,才会更好地认识到生态修复正面临什么样的实际问题。”贺强说,特别是植食、捕食等生物之间的相互作用变化复杂,更是需要靠长期野外研究才能摸清其在自然界中的作用规律。

扎根野外,厚积薄发。2018 年,贺强结束在美国杜克大学海洋实验室的博士后研究,来到复旦工作。虽然前几年也陆续发表过一些成果,但直到 2023 年团队才迎来成果的迸发,在 Science、Nature、Science Advances、Nature Communications 等国际期刊发表系列论文。

过程中,团队将相关研究提交 Science 编辑部时,还曾遭受过拒稿。“虽然审稿专家一致认可该研究对生态修复的意义,但其中有一位审稿专家认为我们的结论缺乏热带地区的数据支撑。编辑部因此拒绝了我们的论文,但同时邀请我们在补充数据和分析后重新投回来。”贺强记得清楚。

根据专家建议,团队又花了近半年时间,对热带地区的数据进行了补充分析,进一步打磨论文。二次投稿后,论文终于被接收。

“被 Science 选为封面文章更是意外之喜!”贺强激动道,这进一步说明编辑部认可该研究对促进生态系统修复的意义,也有助于提升我国生态学研究的国际影响力。

“我们的工作就是大自然的医生。”贺强说,团队将努力针对生态保护修复面临的实际问题,做能“派上用场”的科学。

“生态学理论研究和应用实践在国内外还普遍存在脱节问题。”贺强说,高效推进生态保护修复,需要更好地联系理论和应用,但是不能直接照搬套用基于自然生态系统研究而建立的理论,而是要在保护修复实践中进一步检验和发展理论。

贺强团队发表在 Science 上的研究就发现,植食动物对植物多样性的作用在自然生态系统和退化生态系统之间发生了反转:虽然在自然生态系统中植食动物常显著提高植物多样性,但在退化生态系统中则强烈抑制植物多样性。

“加强理论与应用的联系对高效推进海岸带保护修复尤为关键。”贺强认为,我国作为沿海大国,海岸带人口密集,人类活动影响剧烈、复杂,推进保护修复尤为迫切,科学支撑尤为关键。

未来,贺强团队将继续围绕海岸带保护修复,致力于做“顶天立地”的研究——推动国际理论前沿进展,服务国家应用需求,为海岸带生态保护修复提供更好、更多的“中国方案”。

6 月 24 日,《自然》系列期刊圆桌会议暨如何科学发表工业界研究成果研讨会在复旦举行。会议由斯普林格 | 自然(Springer Nature)集团和复旦大学共同举办,来自学术界、产业界代表和 Nature 系列期刊主编齐聚一堂,共同探讨工业研究成果的科学发表,促进学术与工业的深度融合。复旦大学副校长汪源源出席并致辞。

“如今,大量的研究是在学术机构和高校‘围墙’之外开展的。”《自然》杂志总编辑玛格达莱娜 | 斯基珀(Magdalena Skipper)说。

今年是《自然》创刊 155 周年。《自然》已从最初的以自然科学为主的多学科期刊,发展成为涵盖自然科学、社会科学、临床研究和工程研究和应用的全学

科期刊。随着产业发展日新月异,如何推动工业研究成果的科学发表,也成为《自然》近年来关注的重点。

“越来越多的研究和想法来自产业界,我们希望为所有科研人员服务,将他们的研究成果传播到各个领域。”斯基珀表示,产业界对科研的投入呈现日益增长趋势。特别是在中国,产业界对高等教育研究和研发能力的资金投入显著高于其他国家。然而,仅有 2% 的《自然》作者来自产业界,这与产业界在科研产出中的实际贡献不成比例。

对这位杂志总编辑而言,将《自然》打造成为一个全面展示理论研究到实践应用的全链条出版平台是她职业生涯的目标之一。“我退休前的目标之一,就是将《自然》打造成一个平台,来自不

同领域的研究人员都能在这里发表他们的研究成果,包括概念性、理论性重大发现,以及这些发现被应用实施的全过程。”

会上,《自然综述:电气工程》总编辑奥尔加 | 芭布诺娃(Olga Bubnova)与《自然电子》资深编辑斯图尔特 | 托马斯(Stuart Thomas)介绍了相关期刊的基本情况,同时分享了各自对工业研究成果的科学发表和思考。

圆桌讨论环节,来自不同领域的产业界和学界嘉宾代表结合自身领域发展,围绕产业研发与科学出版,探讨了科学出版在促进知识共享、技术发展和行业交流方面的重要性,以及科学出版在知识产权保护、同行评审标准、技术转移、人才培养和创新可见度等方面所面临的挑战和机遇。

当前,人工智能作为全球性的技术挑战,正超越单纯的科技维度,走向全球治理议程的中心。面对人工智能快速更迭带来的新问题、新方法与新挑战,亟需一场跨学科的交流研讨,共同推进人工智能治理的向善发展和治理合作。

6 月 14 日,一场主题为“人工智能最新发展趋势暨全球人工

智能治理”的圆桌研讨会在复旦大学举行。研讨会由复旦大学发展研究院主办,香港科技大学、上海人工智能实验室、同济大学、上海市科学学研究所等来自计算机科学、技术哲学、科学学和国际问题研究领域的专家齐聚一堂,聚焦前沿创新,共商全球治理。

宣讲、师生篮球赛、江湾校区植物挂牌、环保头像发布等精彩活动。

学科周期间,环境前沿研究成果展在光华楼二楼志和堂展出,展现了环境科学与工程系在教学育人、科研创新、平台等方面的发展情况和亮眼成果。

以“创新驱动,环境蓝图”为主题,6 月 1 日至 6 月 9 日,环境科学与工程学科周如期举行。学科周期间,环境科学与工程系举办了国际交流会、学科风采展、学术前沿报告、校友论坛、毕业生座谈、实验室参观、环境吉祥物发布、主题游园会、水滴宣讲团科普