

从“看得见”的大气污染和水污染,扩展到“看不见”的土壤污染,微生物修复技术正逐渐成为整个环境修复过程中的核心。

# “微”修复技术:凝聚环保新势力

■本报实习生 赵广立

2012年年底,一项由河南省地矿局地质环境调查院承担的石油污染土壤修复技术研究项目成功结题。经过微生物修复技术,河南省濮阳市40余亩石油污染区石油污染物降解率达85%,含盐量降低85%,治理后的土地基本恢复耕地功能。

微生物修复是一项复杂的系统工程,业内专家称,我国的微生物修复水平还处于发展的初级阶段,技术在实际应用中仍然存在许多的“不确定性”。

中国科学院环境生物技术重点实验室(筹)副主任、中国科学院生态环境研究中心研究员庄国强表示,从“看得见”的大气污染和水污染,扩展到“看不见”的土壤污染,微生物修复技术正逐渐成为整个环境修复过程中的核心。

### 从治理到修复

“近年来,国内针对环境微生物的研究的队伍不断壮大,特别是近十年,是个热点。”中科院微生物所副所长、微生物所学术委员会副主任刘双江接受《中国科学报》采访时说,尽管我国在微生物修复技术的应用水平还处在初级阶段,但已经显示出巨大的发展潜力。

刘双江介绍说,微生物修复技术在应对石油、化工、重金属、农药等对土壤的污染方面,有着不可比拟的优越性。“一般来讲土壤污染浓度较低,给微生物创造一个‘宜居’环境,使微生物在高活性状态下降解污染物,达到彻底清除污染物、修复污染环境的效果。生物修复一般被认为是不会产生二次污染的环境修复技术,比物理化学方法具有优越性。”

对此,庄国强也持同样看法:“传统的物理化学手段,只能算作‘治理’。微生物最终的代谢产物是二氧化碳和水,不会引起二次污染,才算真正实现了‘修复’。”

庄国强研究团队在天津大港油田开展了高盐碱的石油污染土壤的微生物修复与治理技术的研究,并成功实现生态恢复示范工程的建设。

上述专家们同时指出,现阶段微生物修复技术常常与其他修复技术联合发挥作用。比如生化修复技术、植物—微生物修复技术、动物—微生物修复技术等,都非常值得深入研究和推广,具有很大的前景。

北京建工环境修复有限责任公司技术总监马骏在接受《中国科学报》采访时介绍,在实际的污染场地修复项目中,微生物技术作为重要的手段,常与常规理化修复方法“打组合拳”。

“实际地下水或土壤污染场地中,有的地方污染物浓度含量高,但大部分污染物浓度较低。理化方法先把污染物浓度高的地方降下来,然后通过注射生物制剂和药剂,改善土著菌的生存环境以提高它们的活性,从而达到利用微生物降解污染物的目的。”马骏说。

注射的生物制剂和药剂,主要含有一些粒径适度的铁粉、微生物所需的碳源及养分等。马骏指出,相较于物化修复方式中大量“炮灰”试剂的浪费,生物方法成本则更低。

### 如何“对症下药”

然而,据马骏介绍,在他们开展的20余项污染场地修复项目中,仅有3个项目重点利用了微生物修复手段。他坦言,微生物修复技术的推广仍面临一系列待解的难题。

“土壤和地下水的修复在我国属于新兴产业,无论是技术储备、技术设备的可获得性或者现场实施硬件都还是比较缺乏的,是一个从无到有的阶段。”马骏说。

微生物修复作为业界众所周知的一剂好“药方”,为何“对症下药”却难以推广呢?

“各方对微生物的修复周期要有一定宽容。”马骏说,“借助微生物修复相比其他手段,成本更低,但是需要的时间周期更长。”

刘双江长期从事环境污染微生物修复技术的基础研究,研究方向着重于污染物的微生物代谢、降解机理。他指出:“利用微生物修复技术治理环境污染,必须得给它时间。”尽管有的污染物的微生物降解速度比较快,但要治理一个被污染了的环境,“至少是要以年为单位的”。

据环保部2006-2010年组织开展的土壤污染调查结果显示,在珠三角、长三角、环渤海等发达地区,污染严重的区域,依靠自然恢复需要几十年甚至上百年,而通过种植植物和微生物投放等的增强型原位修复,也需要至少数年的时间。

不仅如此,马骏提出,微生物修复技术在实际项目的开展中,还存在许多“不确定性”。

“许多物化的修复方法,如热解析、热脱附等,修复的可预测性很强,而微生物修复的不确定性非常大。”马骏说,由于微生物种群对生存环境的敏感,以及人为对微生物种群生长条件的控制中的不确定性因素,往往导致微生物修复方法在实际环境中的表现,与前期开展的小试甚至中试的结果有巨大差异。

### 复杂的系统工程

“不止我们遇到这样的问题,从国外的修复案例来看,也存在这个情况,往往修复结果和预想的不一样。”马骏表示,环境修复本身就是一个复杂的“大工程”,采用微生物修复手段则更为复杂。

马骏所在的北京建工环境修复有限责任公司,目前正与一些有实力的科研院所开展深入的合作,其中包括与清华大学联合成立了北京首家污染场地修复联合研究中心,进行污染场地调查与评价、土壤修复技术研发及课题攻关等科研。

“我们的合作不是简单地拿到专利,而是致力于将技术推广到现场,形成成套的技术体系和设备,最终形成产业化。”马骏说。



微生物修复技术逐渐成为整个环境修复过程中的核心。

图片来源:广州市环境保护局网站

庄国强表示,在欧美等发达国家和地区,污染土壤修复已是非常巨大的一个产业,他们的市值也到了一个惊人的数量。

早在1980年,美国环保署专门针对“棕色地块”的管理通过“超级基金法案”,超级基金初始资本数以十几亿美元计。2012年,美国纽约州一项汞冶炼场超级基金场地的修复花费,就达到930万美元之巨。

“和污水处理相比,土壤和地下水的污染修复的产业化还远远不够深入。”庄国强说,由于我国对污水处理有严格的法制规范,污水处理的市场化也已非常成熟。“相应的政策法规的健全,将有利于推动污染场地修复产业逐步趋向成熟。”

### 边修复边反馈

环境修复企业作为环境问题的“执行者”,与环境问题的“提出者”——污染

责任方、受益方、受害方等,有着最密切、最深入的对接。

“他们是实际面对问题的人,我们要很深入地了解他们的需求。”马骏认为,企业正是以底层设计的实施者的角色,参与到环境修复的产业化中,从而在政策制定层面上“发声”。

“从实际出发,最终要以解决问题为准。”马骏说,政府作为相关政策法规的制定者,在决策层面宏观把握;大学、科研院所作为政府“智囊”,帮助政策的制定和顶层设计;企业作为直接参与实际污染治理的“排头兵”,对问题解决的状况进行及时反馈。

“中国环境领域的企业研发能力相对薄弱,而有些科学家在环境修复领域开展的研究工作在国际化甚至处于领先。”庄国强不无感叹地说。

他表示:“在环境产业,如何让无‘微’不至的微生物更多地发挥作用,如何将已有的研究成果更快地转移转化,这是大家共同肩负的责任。”

### 本周看点

栏目主持:黄明明

邮箱: mmhuang@stimes.cn

**新闻背景:**年后出版的《科学》杂志开辟了一期“炎症”专刊,共发表一篇导论(炎症的阴和阳)和4篇相关的综述文章。随后,《科学—信号转导》又推出焦点专题,包含“了解炎症机理”编辑部评述及“炎症”和“免疫学”专栏论文、综述和播客,作为《科学》专刊的补充。

发炎与消炎是免疫系统特有的功能,代表着机体损伤及修复的自然过程。炎症有急性与慢性之分,由病原体感染或非感染因素引起,有些炎症是可控的,而有些炎症是不可控的。

炎症的发生有利有弊,通常短期急性炎症对健康有好处,而长期慢性炎症对健康有坏处。那么,如何才能避免炎症从“生命之盾”变成“病痛之源”呢?

# 炎症这把“双刃剑”

■曾广平

恶性肿瘤、II型糖尿病、心脏病、自身免疫系统、神经退行性疾病等均为多发性、渐进性代谢疾病。这类疾病的“罪魁祸首”就是慢性炎症,已知1β-、16-、17-、23-白介素、α-肿瘤坏死因子等促炎症细胞因子正是慢性炎症的“肇事者”。

由病原体感染而迁延不愈导致慢性炎症并致癌已经是“铁证如山”,如乙型和丙型肝炎病毒感染诱发肝癌、血吸虫感染诱发膀胱癌、幽门螺杆菌感染诱发胃癌、毒性大肠杆菌感染诱发结肠直肠癌等。

除病原体感染外,能引起慢性炎症的还有吸烟、污染、辐射等“外因”以及饱和脂肪酸、含脂蛋白B的脂蛋白、蛋白质聚合体等“内因”。

### 致癌细菌的“新定义”

细菌感染引起的慢性炎症已成为致癌的最大嫌疑,但并非所有细菌都能致癌。以大肠杆菌为例,只有含“基因毒性岛”的大肠杆菌才能诱发结肠直肠癌。

基因毒性岛是指大肠杆菌基因组中的聚酮合酶基因,带有该基因的NC101菌株被称为“毒性”大肠杆菌。若把该毒性基因删除,尽管肠炎依旧,但其致癌性及浸润性皆减弱。

现在知道,结肠直肠癌归根结底还是由肠道细菌产生的聚酮类化合物诱发的。不过,聚酮合酶及聚酮类化合物究竟如何参与炎症致癌的转化过程,目前还不清楚。

毒性大肠杆菌为肠黏肽结合细菌,在正常人肠道内仅有20%,而在炎症性肠病及肠炎相关性结肠癌患者的肠道中所占比例极高,分别达到40%和66.7%。在毒性大肠杆菌占优势的肠道中,非毒性菌群(如粪肠球菌)的比例相应降低。

### “杀敌三千,自损一百”

免疫细胞不仅要消灭“外敌”——病原体,而且还要清除“内鬼”——癌细胞。不同于抗体,细胞因子并非“短兵相接”,而是“借刀杀人”。被抗原激活的T细胞可释放促炎症细胞因子,刺激巨噬细胞释放一氧化氮及活性氧,从而有效杀灭入侵的病原体。

尽管低浓度一氧化氮对身体有益,但高浓度一氧化氮在杀菌的同时也会伤害自身细胞。例如,一氧化氮的瞬时性爆发,会造成关节滑膜细胞损伤。若慢性炎症持续,不仅会诱发滑膜炎,而且可能发展成关节炎。

滑膜炎发生的真正“元凶”是细菌或其他病原体的慢性感染,其中一氧化氮只是充当了发病的媒介。用抗生素抗感染、雷帕霉素抑制免疫激活、青蒿素抑制一氧化氮合成等方法,均能阻断滑膜炎的发生及恶化。

### 高血脂和炎症才是脂肪肝的诱因

过去曾认为,脂肪肝是因为长期酗酒而引起的肝细胞酒精中毒(酒精性脂肪肝),但后来发现,肥胖与脂肪肝的关系比饮酒更密切(非酒精性脂肪肝)。至于肥胖如何导致脂肪肝的原因并不十分清楚。

在正常肝枯否细胞表面通常没有CD14表面受体的表达,即使细菌感染释放出脂多糖,也不会刺激肝枯否细胞。反之,若摄入高脂饮食,并伴有细菌脂多糖,CD14便会受到诱导,导致肝枯否细胞对脂多糖应答增强,并分泌促炎症细胞因子而引起非病毒性肝炎。

肥胖者的脂肪细胞可分泌瘦素,它与肥胖蛋白受体结合后能激活STAT3转录因子也能激活CD14表达,同样能提高枯否细胞对脂多糖的应答而引起肝炎。髓样细胞中JNK1和JNK2激酶是肥胖诱导免疫细胞募集、脂肪组织发炎、胰岛素抗性及葡萄糖代谢失衡所必需的蛋白激酶。

### 自噬充当细胞的“清道夫”

动脉粥样硬化是多种心血管病的成因,其起始步骤是低密度脂蛋白被活性氧自由基氧化。氧化型低密度脂蛋白接触动脉血管壁造成的损伤,可启动一系列细胞因子反应,包括单核细胞招募、巨噬细胞克隆刺激因子分泌、单核细胞分化为巨噬细胞、巨噬细胞吞噬氧化低密度脂蛋白、胆固醇以脂滴形式堆积形成泡沫细胞等。

若巨噬细胞不能加工氧化低密度脂蛋白,它们就不断膨胀并破裂,把更多的氧化胆固醇留在动脉壁上,激发更强烈的免疫反应,导致动脉粥样硬化斑块形成,使平滑肌细胞增大和加厚,血管变窄且血流减慢,最终发展成中风和心肌梗死。

肥胖和动脉粥样硬化化受细胞自噬活性调节。自噬活性高,脂滴分解为游离胆固醇并外排;自噬活性低,脂滴无法与溶酶体形成自噬小体,胆固醇继续堆积无法外排。在此过程中,Wip1磷酸酶通过mTOR途径抑制细胞自噬,控制脂肪堆积和动脉粥样硬化形成。

在饲喂高脂饮食的小鼠中,将Wip1基因敲除后,不仅能抑制巨噬细胞转变成泡沫细胞,也能阻止动脉粥样硬化形成斑块。不过,Wip1位于mTOR上游,只要能抑制mTOR(如雷帕霉素),也能促进自噬活化。

### 硝基化:自噬的“克星”

一氧化氮通过对蛋白激酶中半胱氨酸的S-硝基化可阻断细胞自噬活性。以mTOR信号通路为例,上游IKKβ激酶的S-硝基化,可减少磷酸化IKKβ激酶数量及下游激酶的磷酸化,导致mTOR激活,自噬功能受阻。

S-硝基化修饰是一种可逆反应,当巯基化合物或抗氧化剂存在时会从蛋白质上脱落。蛋白质中酪氨酸则能发生不可逆硝化反应,其诱因是一氧化氮与超氧阴离子反应生成的过氧化亚硝酸阴离子。

在老龄动物中,内皮型一氧化氮合酶仍然正常表达,但一氧化氮却明显不足,原因在于一氧化氮结合超氧阴离子而被消耗。同时,当活性氧过量时,一氧化氮合酶可发生“解偶联”,不再合成一氧化氮,而是产生超氧阴离子。

### 老年健康的“杀手锏”

小鼠衰老树突状细胞中充满氧化修饰蛋白质,这些蛋白质都聚集在溶酶体形成的内体中。蛋白氧化损伤使树突状细胞抗原加工与呈递能力减弱,用抗氧化剂处理可恢复其免疫应答功能。因此,老年人应注意补充抗氧化剂,多吃新鲜蔬菜和水果。

缺锌随年龄增长而加剧,造成免疫功能下降和炎症相关疾病滋生。缺锌是老龄动物锌转运蛋白功能失调所致,即使提供正常剂量的锌,细胞也无法足量吸收。只有把膳食中锌的剂量提高到正常剂量的10倍时,老龄动物的炎症指标才能接近老龄动物的水平。

美国农业部建议老年人每天补锌11毫克(男)或8毫克(女)。食用海鲜和肉类也能适量补锌,但只吃谷物和蔬菜则不够。补锌切勿过量,每天超过40毫克,会干扰其他微量元素吸收。

(作者系广州中医药大学教授)

# 功能微生物菌剂借智创新

■本报见习记者 李惠钰 本报记者 包晓凤

在近日召开的保罗生物院士专家工作站2013年度工作会议上,业界“大佬”云集。来自政府、金融、科研等各个领域的专家各抒己见,为功能微生物菌的产业发展出谋划策。

与全国最顶尖的“脑袋”对接,这让致力于微生物制剂研究与开发的保罗生物园科技公司(下称保罗生物)尝到不少甜头。

去年4月,共有7位院士、专家接过聘书,开始进入保罗生物院士专家工作站,领衔这里的技术研发。如今,该工作站的科研项目在功能性菌剂、高效生物有机肥、新型饲料添加剂—抗菌肽等方面的销售收入已经超过1.2亿。

保罗生物涉足生物医药、生物农业和生物制造等多个方向,目前已建成了我国首家功能微生物菌种资源库项目。

与会专家表示,功能微生物菌种资源库不能停留在仅作为菌种的存放地,而是要通过对保藏菌株的复壮、筛选过程中不断探索创新菌种保藏方法,通过这个平台掌握更多菌种保藏技术,与国内外大型菌种保藏机构相媲,显示自己独特优势。

中国科学院天津工业生物技术研究所所长马延和则觉得,功能微生物是我国生物产业的主要发展方向,保罗生物产业化模式很先进也很现实,能够做到项目有的放矢地执行。



功能微生物菌剂关系到生物农业等生物产业核心领域。 图片来源:百度图库

中科院微生物所能源与工业生物技术中心主任李寅也持类似观点,他认为功能微生物菌剂关系到生物医药、生物农业和生物制造等战略性新兴产业核心领域。

“通过聚焦在功能微生物菌剂产业链的高端与核心,再加上‘市场、金融、科技’三位一体的联合推动,很有可能闯出一条后发先至的创新之路。”李寅表示。

据悉,为真正推动功能微生物菌剂

走向产业化平台,保罗生物已与中科院、农科院、医科院、中国农业大学等科研院所合作,成立了食品微生物、医药保健品、酵素酶蛋白工程、饲用微生物、农用微生物、微生物基因工程等六大联合实验室,并在项目研究上取得了阶段性进展。

在此次会议上,中国科学院院士邓子新、庄文颖和专家们分别就功能性菌剂研制、防御素NP-1的中试生产关键技术、微生物资源信息平台建设、酶法制备紫杉醇中间体和化学半合成紫杉醇研究与产业化等领域,为企业进行了战略规划和技术指导。

技术整合是第一步。与生物产业其他规模相似的企业相比,保罗生物最大的特点还是其发展模式的不同。引进、吸收、消化和再创新,保罗生物首先在全国甚至是国际上建立完善的销售网络,进口产品销量的快速增长“倒逼”企业逐渐建立自主生产及研发体系。

从功能微生物菌种资源库的建立起步,再逐步建立起明晰的生物技术产业化平台,保罗生物正力争做好科研成果孵化器,真正将企业作为一种载体去承担一些技术引进、集成及扩散的使命。

而这条发展路径,也正是中国生物技术走向产业化发展方向和愿景。