



防治污染,让微生物“吃掉”有害气体

解码生物经济⑦

◎本报记者 李禾

随着我国工业的快速发展,为社会带来了巨大经济利益的同时,也产生了大量有害气体,不但污染了环境,同时影响人们的身体健康。据生态环境部公布的今年1—3月空气质量数据,全国339个地级及以上城市平均空气质量优良天数比例为80.1%,同比下降3.7个百分点,重度及以上污染天数比例同比上升1.5个百分点。生态环境部大气环境司司长刘炳江表示,一季度空气质量形势不容乐观的主要原因之一是工业生产污染物排放量的增加。

工业生产排放是大气污染的重要源头。目前,对气态污染物的净化处理方法可分为物理法、化学法和生物法,其中生物法又称生物大气治理技术,是利用活性污泥等培养菌种,分解消化有害气体。那么,生物大气治理技术有何优缺点?应用情况如何?还有哪些难点有待突破?

用微生物将气态污染物变为无害物质、二氧化碳和水

河北科技大学环境科学与工程学院、挥发性有机物与恶臭污染防治技术国家地方联合工程研究中心、河北省大气污染防治推广中心的研究人员在《微生物学报》上联合发表的论文《微生物生物技术处理气态污染物的研究进展》指出,生物大气治理技术可处理的气态污染物种类广泛,治理工业生产中产生的挥发性有机物(VOCs)、硫化物、甲硫醇等恶臭气体,氯苯、氯代烃等含卤素有机物,氮氧化物等气态污染物,具有净化效率高、易操作等特点。其净化过程是气态污染物作为微生物能源或营养物质被利用,降解为无害的小分子物质、二氧化碳、水。研究表明,生物大气治理技术的本质在于吸附和微生物降解。

合肥工业大学教授徐从裕说,与其他有机废气治理技术相比,生物大气治理技术具有安全性好、无二次污染等优点,对处理低浓度或生物可降解性强的有机废气效果较好。

常用的生物大气治理技术主要有生物过滤、生物滴滤和生物洗涤3种。生物过滤技术是废气先进入水槽去除颗

粒物和部分可溶成分等,同时对气体调温增湿,随后适宜温度的湿润废气进入附着泥炭、秸秆等微生物填料的反应器,被吸附并降解。生物滴滤技术是在生物过滤技术基础上取消了前端水槽部分,增加了滴滤系统,并在其中投加营养液,通过营养液调控废气的pH值和湿度等以适合微生物生存,再将其放入生物反应器进行吸附、降解。以微生物悬浮生长为特点的生物洗涤技术包括接触吸收塔与生物反应单元两个部分。在接触吸收塔中,由塔底进入的废气与塔顶喷淋的洗涤液交汇,吸收了废气中污染物的洗涤液由塔底回流至生物反应器进行处理再生。

目前,生物大气治理技术在德国、荷兰、美国和日本等国家已广泛应用,生物过滤、生物滴滤技术使用较为普遍,技术已经成熟。

可应用于污水除臭和工业废气治理等多个领域

近些年,由于绿色环保的特性,生物大气治理技术日益受到重视,在生活垃圾、污水除臭,以及工业废气治理等方面均发挥了一定作用。

目前,已有不少企业采用生物大气治理技术进行工业废气治理。例如,佛山市三水金湖工程塑料有限公司从2016年开始投入运行生物过滤除臭工程。企业生产过程中产生的废气,通过鼓风机收集后经管道进入箱式设施中,经水洗除尘降温、等离子除臭处理后进入生物滤池,通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层,完成降解过程后,废气经净化后达标排放。该项目的污染防治效果和达标情况显示,企业排放的废气主要成分为苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯,其中二甲苯浓度最高,生物过滤装置对二甲苯的去除率超过98%,总VOCs去除率达78.6%。

除了工业废气治理,在对作为公众投诉最强烈的环境问题之一的恶臭处理方面,生物大气治理技术也有广泛应用。生态环境部大气环境司印发的《2018—2020年全国恶臭/异味投诉投诉情况分析报告》显示,2018年、2019年、2020年恶臭/异味投诉分别占全部环境问题投诉举报件数的21.5%、20.8%和22.1%,占比超过1/5;垃圾处理行业占全部恶臭/异味投诉的平均比例为11.3%,为投诉最多的行业。而上海市垃圾处理中心采用生物滴滤塔,针对甲烷、硫化氢、氨气3种含量较高的恶臭气体进行处理。当pH值保持

在4.5—5.5,进气量为600毫克/立方米时,其处理效率可在80%以上。

除此之外,生物大气治理技术还能解决污水处理厂的臭气问题。2006年8月,深圳滨河污水处理厂污泥工段除臭工程完工。作为项目建设和运营方,西原环保(上海)股份有限公司副总经理刘启凯说,该工程采用的就是生物大气治理技术,通过风机将封闭空间内的空气抽出,送入生物滤池,经生化作用将空气中的臭味物质分解,净化后的空气再排入大气。经检测,该除臭系统出口硫化氢浓度已低于0.06毫克/立方米,通过了深圳市环境监测站检测,各项指标达到国家一级排放要求,解决了臭气扰民问题。

生物大气治理技术尚处于发展阶段

随着生物大气治理技术在国内应用范围的不断扩大,其技术水平也在不断提升。

刘启凯说,但总体来讲,我国生物大气治理技术尚处于发展阶段,市场也处于发展早期,很多客户对生物大气治理技术认识不足。

此外,生物大气治理技术本身也存在诸多局限。根据废气成分不同有针对性地选择培育微生物菌群,是该技术的核心所在。生物大气治理技术虽有不同种类,但存在的共同问题是均只适宜处理低浓度易溶废气,高浓度难溶废气净化率普遍偏低;在不同工况环境下,同一种生物处理方法效率存在较大差异;微生物群落组成与分布、物种差异等,可对净化效率产生较大影响。

徐从裕补充说,生物大气治理技术使用的设备主要包括壳体、填料、风机、洗涤泵、循环泵、计量泵、营养液投加系统等,设备占地面积较大,除设备成本外,其余成本主要为微生物培养驯化所需设施的投资,后期维护成本也不低。

《微生物生物技术处理气态污染物的研究进展》指出,从发展趋势来看,生物大气治理技术的深入研究需注重与其他技术结合创新,优势互补,拓宽应用范围。人们可以利用分子生物学手段探究微生物对污染物的代谢机理与途径,明确污染物种间代谢过程,以优化微生物群落结构,提高污染物的降解效率,并形成筛选高效菌株、调制复配菌剂、精细调控群落结构等的稳定工艺。

研究人员还发现,适当降低盐浓度和接近中性的pH值可能会进一步增加细胞干重和PHB的积累。经反复试验调整,最终结果表明,在细胞生长过程中,当pH值为7时,细胞内的PHB合成酶具有最佳活性,更有利于PHB的合成,这也使得餐厨废弃物得到了更好的利用。

新一代嗜盐菌还可利用废甘油、乙酸等进行生产

在PHA产业化进程中,成本控制是一个核心难点。微构工场联合创始人吴赴清说,嗜盐菌发酵不需要高温、高压灭菌,因此在规模化生产时,建设生产线的要求和成本较低。以餐厨废弃物作为碳源来生产降解材料,成本还将进一步降低。

根据普华永道发布的《PHA生物可降解塑料产业白皮书》,PHA优秀的降解与物理性能、日渐成熟的生产技术、不断扩大的市场规模等,都将为PHA产业的发展提供强劲的驱动力,使其成为最具成长潜力的生物可降解材料。预计在未来3—5年内,全球PHA市场规模将达629亿元,主要市场集中在不便于回收的强需求场景,如一次性包装材料、一次性餐具等。

微构工场研发团队也表示,除餐厨废弃物外,基于下一代工业生物技术体系的新一代嗜盐菌还可以利用不少废弃碳源进行生产,例如秸秆水解物、废甘油、糖蜜、乙酸等,能更好应对环境和经济挑战。

研究进展

形成原球茎 借助真菌力 石斛种子萌发模式获解析

◎本报记者 赵汉斌

兰科是被子植物最大科之一,全世界约有700属2.8万种,不少种类是重要的观赏花卉和珍贵药材,具有较高的价值。

科技日报记者5月9日从中国科学院西双版纳热带植物园获悉,该园研究人员成功解析了兰科石斛属鼓槌石斛种子萌发的发育模式,这不仅增进了人们对兰花进化的理解,也为进一步研究兰花与真菌共生的机制,以及兰科珍稀濒危物种的保护、繁育提供了重要见解。相关研究论文日前发表于国际期刊《园艺学》。

与大多数被子植物不同,兰科植物的种子,如同粉尘般微小,被认为具有未分化的胚性结构,没有胚乳。因此兰科植物在萌发中,往往不能为自己提供营养。因此,离开原有栖息地,没有共生菌的加持,兰科植物很难生存和繁殖,这也是兰科“娇贵”和易陷于濒危境地的原因。

值得一提的是,兰科在幼苗形成之前,通常要经历原球茎的发育阶段。原球茎是兰花种子萌发过程中的形态学构造,可理解为呈球粒状由胚性细胞组成的、类似嫩茎的原器官。

“形成原球茎,是兰科植物特有的发育阶段,是幼苗形成及构建菌根共生关系的关键时期,决定了种子能否顺利发育形成幼苗。”中国科学院西双版纳热带植物园植物多样性与保护研究组研究员罗艳介绍。

原球茎的组织分化过程是怎样的?它在兰花种子萌发过程中有哪些生理功能?为解决这些问题,研究人员找到了理想的“模特”和协作“伙伴”——鼓槌石斛和胶膜菌。

研究人员小心地从鼓槌石斛果荚中取出种子,并在零下20℃储存,以便将来唤醒它们用于实验。与此同时,他们还用上了能促进种子发芽的胶膜菌。“这种真菌,是兰花种子发芽的重要‘伴侣’,培养7—9天后,我们就把活跃的菌丝接种到兰花种子之上。”论文第一作者、中国科学院西双版纳热带植物园硕士研究生高鑫祯介绍,“我们利用解剖技术和扫描电子显微镜,观察到鼓槌石斛与胶膜菌GC-15共生发芽过程中原球茎的发育过程。”

高鑫祯说,根据形态和解剖结构特征,鼓槌石斛种子的萌发过程可分为几个阶段。

他们发现,原来原球茎形成发生在较前阶段,并在中间阶段有了明显的组织分化,顶部的胚性细胞发育形成子叶,中上部的中心位置,则分化出茎顶端分生组织。

“在种子开始吸水膨胀的初始阶段,胶膜菌菌丝就通过种孔侵入种胚,后期则通过假根进入,在原球茎中下部特定的薄壁细胞中增殖,但菌丝最终会被原球茎消解,作为多糖营养物质,给原球茎发育提供营养。”中国科学院西双版纳热带植物园副研究员邵士成说,他们还发现,种子的成熟种胚事先已规划好发育“蓝图”,种胚还会明显分化形成几个功能区,分别发育形成子叶和茎顶端分生组织以及共生真菌定殖区,分别行使光合作用、幼苗营养体建成和供给营养的功能。

看似结构简单的种胚,借助共生真菌“伙伴”的力量,完成了复杂的发育过程,获得了子叶、茎顶端分生组织、假根以及菌根等组织器官,形成原球茎这一功能体,从而开启兰科植物幼苗的生命旅程。

“这项研究阐明了原球茎发育过程中的形态学和解剖学变化,为深入了解石斛属与真菌生物之间的共生关系,以及兰花原球茎的结构形成和功能机制提供了新的见解。”罗艳说,这对濒危兰科植物保护和园艺兰科植物助萌都具有重要的现实意义。



图为盛花期的鼓槌石斛。
中国科学院西双版纳热带植物园供图

研究人员揭示“木霉菌+木薯皮渣”发酵机制

科技日报讯(曲怡臻 记者王祝华)5月8日,科技日报记者从海南大学获悉,该校植物保护学院刘铜团队揭示了木霉菌降解木薯皮渣的发酵机制。相关研究成果日前发表在国际权威学术期刊《工业作物和产品》上。

木霉菌是一种重要的生防真菌,经济高效的发酵原料是大规模生产木霉孢子粉的基础。团队有关负责人介绍,团队前期在从椰子壳、香蕉假茎、木薯皮、甘蔗渣、菠萝皮5种农业废弃物中筛选适合生产木霉菌的发酵基质时发现,木霉菌在木薯皮渣上菌丝生长最快,孢子产量最高。

在先前的研究中,团队发现木霉菌T069可利用木薯皮渣固体发酵产生高含量的木霉孢子粉,其可用于植物病害的防治,但是科研人员对该固体发酵过程的机制并不清楚。

在此次研究木霉菌降解木薯皮渣的机制时,为将木霉菌的水解酶系统与木薯皮渣的降解程度建立联系,团队测定了整个发酵过程中木霉菌胞外蛋白酶组、木薯皮降解程度以及分解后糖类浓度浓度的变化,来联合解释这一动态降解过程。

团队发现,木霉菌T069在发酵早期以产生半纤维素酶、木质素降解酶和果胶酶为主,后期产生淀粉酶和纤维素酶,这些水解酶与木薯皮渣相互作用,使得木薯皮渣的主要成分被降解成低聚糖。研究还发现木霉菌T069在发酵过程中产生了丰富的碳水化合物水解酶和有趣的糖转化方式。

目前,该团队正在开展木霉菌伴侣型、多元共生型和不同功能型的微生物制剂研发工作,推广“利用农业废弃物生产微生物制剂的微工厂”新模式,推动我国绿色农业的发展。

改造细菌 利用资源

餐厨垃圾里“长出”生物降解材料

◎本报记者 李禾

随着塑料消费量的逐年提高,各国陆续出台禁塑令或限塑令,生物可降解塑料已成为热门研究和产业化方向。5月8日,科技日报记者获悉,清华大学联合北京微构工场生物技术有限公司(以下简称微构工场)、诺维信(中国)生物技术有限公司等通过改造嗜盐菌,可以让其在质量不稳定、不可灭菌的餐厨废弃物水解物中生长,从而生产出聚β-羟基丁酸酯(PHB),这证明了用餐厨废弃物作为碳源,替代部分葡萄糖作为发酵底物或饲料生产生物降解材料的可行性。相关研究成果日前发表在《生物工程与应用微生物》上。

PHB是聚羟基脂肪酸酯(PHA)的一种。包括PHB在内的PHA,是一系列由微生物合成的天然高分子聚合物,能够在有氧和无氧条件下实现生物降解,是可以完全降解的新型生物材料,也是完全由生物合成的碳中和生物降解材料。目前,我国已走在全球PHA产业化的前列,规划产能超过10万吨。

丰富餐厨废弃物的资源化利用方式

“与传统的垃圾填埋、焚烧处理方式不同,餐厨废弃物资源化利用方式有3种,即高值化利用、能源化利用和肥料化利用。”

同济大学生态文明与循环经济研究所所长杜欢政教授说。

高值化利用是指用餐厨废弃物来养虫子,再把虫子作为饲料来喂养鸡、鸭等动物。即通过餐厨废弃物,把动植物蛋白转换成昆虫蛋白,再转为动物蛋白。“高值化利用既可以增加蛋白来源,又可以解决废弃物的资源化问题。”杜欢政说。

能源化利用是指餐厨废弃物通过厌氧发酵,产生沼气用以发电或烹饪等;肥料化利用是指通过堆肥的方式,把餐厨废弃物转化成有机肥料。

而用餐厨废弃物来生产生物降解材料,为餐厨废弃物资源化利用提供了一个全新的途径。

改造后的嗜盐菌不易受杂菌影响

由于PHA具有类似塑料的物理机械性能和加工性能,工业上可以采用微生物批量生产这种聚合物,并以此替代传统塑料。

包括PHB在内的PHA生物合成主要分为3部分,即嗜盐菌等底盘细胞、碳源、代谢途径与调控。简单来说,PHA生物合成是通过基因编辑等手段,令底盘细胞能生长得更快,能高效“吃掉”碳源,令细胞中的PHA“由瘦变胖”,提高碳源转化为PHA的效率;然后再把凝聚在一起的细胞,从餐厨废弃物水解物等培养基中分离、提纯出来。相比普通塑料动辄上百年的降解周期,

研究人员通过改造嗜盐菌,可以让其在质量不稳定、不可灭菌的餐厨废弃物水解物中生长,从而生产出可以完全降解的新型生物材料聚β-羟基丁酸酯。

PHA制品进入海洋后,约1—3年即可实现完全自然降解。同时,纯PHA制品对海洋和陆地动物无害,甚至可以被动物食用。

不过,餐厨废弃物成分复杂,用其来生产生物降解材料并不容易,“染菌”就是其中的主要问题。“染菌”是指除嗜盐菌生产菌,即嗜盐菌以外的杂菌在培养液中进行生长代谢,它不仅与嗜盐菌竞争生存资源,还会严重影响目标产物的产量,给发酵过程带来较大的经济损失。因此,在发酵流程中需要利用高温高压蒸汽对整个发酵设备进行彻底灭菌,这一过程能耗较大。

微构工场等在合成生物技术平台的助力下,通过对嗜盐菌重新设计和构建,开创了一整套全新的PHA生产技术。改造后的嗜盐菌能在开放、无灭菌的情况下发酵,不易被其他杂菌影响,具备在餐厨废弃物水解物中生长的能力。