



视觉中国供图

经过二十多年的研发积累，团队已建立了难降解污染物高效降解菌种质资源库，保存了各类高效降解菌株1000余株，降解底物涉及化工行业的多种特征污染物，如芳香烃类污染物、有机氮类污染物、杂环类污染物、卤代芳香烃类污染物、抗生素类及国家目前重点关注的新污染物等。

用特定微生物“吃掉”相应污染物 工业废水污泥处理有了量身定制方案

◎本报记者 金凤

近日，江苏丰山集团股份有限公司（以下简称丰山集团）的废水、污泥处理池，正在24小时不间断“化污”。

近年来，丰山集团因公司农药原料药合成规模的不断扩大和新农药产品的开发，废水污染物类型发生了一定的变化。考虑到未来发展，公司对原废水处理站进行了扩容改造。

“采用蔡老师团队研发的高盐、高氮、高毒性工业废水处理技术后，现在废水中总氮、总磷的降解率能达到90%以上，污泥也能减毒减量，从以前

的每天十二吨降低到现在的每天一两吨。”丰山集团副总裁单永祥说。他口中所说的蔡老师，指的是南京农业大学教授、博士生导师蔡天明。

用高效降解菌“吃掉”工业废水的污染物，让超声波壁技术和降解菌“联姻”将污泥中的菌胶团打散、降解，让污水污泥处理、处置更加有的放矢，是蔡天明团队近年来为丰山集团量身定制的环保治理方案。

前不久，以这些技术为核心的“高盐、高氮、高毒性工业废水及含重金属废水处理技术与工程示范”项目通过江苏省生态环境厅验收。“我们希望针对化工行业排污的重点、难点问题，形成成套技术，帮助企业精准治污、科学治污。”蔡天明说。

摸清废水“家底”有的放矢

走进南京农业大学资源与环境学院实验室，3个零下80摄氏度的冰箱中，储藏着密密麻麻的冷藏盒。蔡天明团队培育的高效降解菌就保存在冷藏盒的一根根甘油管里。

“降解菌指的是能降解污染物的微生物。在处理农药、医药、染料企业排放的废水时，最‘棘手’的就是企业生产过程使用的有机原料和中间体。它们中有很多是有毒、难降解的污染物，普通微生物往往对其束手无策。这就需要摸清废水的‘家底’，分析废水中都有哪些污染物，再有针对性地投加降解菌‘吃掉’它们。”蔡天明说的“家底”，指的是企业的产品种类、每个产品的生产工艺流程、主要原辅料、废水的产生情况、各工段的废水排放特征等。只有了解生产各环节排出的每一股废水中的污染物，摸清污染物的来源、数量、种类，才有可能分类精准治理。

有了“靶子”，接下来就要寻找合适的“弹药”。每一种微生物都有自己的基因密码，团队

会系统分析它们的降解特性、遗传学特点以便对症下药，这个过程少则几个月，多则几年。

例如，三乙胺的降解菌，团队就足足找了一年。三乙胺是医药、农药等化工生产中常用的一种原料。但此前的多种技术路线，对三乙胺的降解效果有待提升。

“为了获得三乙胺高效降解菌，我们选择了在生产过程中使用三乙胺做原料的化工企业，详细了解企业污水处理工艺并进行研判，采集相关生化池污泥作为种泥，以三乙胺作为唯一碳源和氮源，在剔除氮的无机盐培养基中富集培养三乙胺降解菌。无机盐能给吃三乙胺的微生物提供营养，让微生物‘强健骨骼’。”蔡天明说。

培养一段时间后，三乙胺的数量慢慢减少。“这说明培养基中已经有了吃三乙胺的降解菌。”蔡天明表示，最终团队从富集培养液中分离出三株能高效降解三乙胺的野生菌株，从中选出遗传性状稳定的一株作为“种子选手”消灭三乙胺。

建立瓦解污染物的“弹药库”

发掘降解菌的过程，除了科研团队日以继日的筛选分离，还有环境中丰富的微生物资源的助

力。在筛选降解菌时，团队往往会从化工厂、化工园区周边的污染土壤、园区排污渠及周边污染

河流的底泥中，采集可能含有目标污染物降解菌的环境样品。

“一个地方如果长期排污，自然环境中可能会出现已被驯化的微生物，即使它们的浓度不高，但通过富集培养，或许可以提高发现新降解菌的效率。”蔡天明说。

但并非所有的降解菌都会轻易显露“宽容”。有些微生物难以通过常规自然筛选被发现，团队则会采用紫外照射、微波辐照、激光等物理诱变方法，或者5-氟尿嘧啶、烷化剂诱变等化学诱变手段，诱导微生物发生基因突变，结合分子生物学方法选育出针对难降解污染物的高效降解菌株。

利用这套技术，蔡天明团队在“高盐、高氮、高毒性工业废水及含重金属废水处理技术与工程示范”项目中，总共获得了高效脱氮、有毒难降解有机污染物高效降解菌17株，其中包括耐高盐耐氨氧化菌株2株。

“经过二十多年的研发积累，我们已建立了难降解污染物高效降解菌种质资源库，保存了各类高效降解菌株1000余株，降解底物涉及化工行业的多种特征污染物，如芳香烃类污染物、有

打出“组合拳”为剩余污泥减量脱毒

难降解污染物，从而实现污泥的无害化。”蔡天明介绍。

“如果说污泥中的污染物是草原，那么吃掉污染物的降解菌就是兔子，兔子吃完草一段时间后，也会留下一些‘尸体’，而隐藏嗜酸杆菌就像狼，它们能吃掉这些‘尸体’，从而实现剩余污泥的减量。”蔡天明说，与传统的污泥处理方式相比，项目的污泥脱水效果稳定，脱水污泥含水率在20%以下，污泥减量80%。脱水污泥呈颗粒状、便于运输，每千克污泥热值达到2000千卡，可直接进行焚烧处理。整个污泥处理过程不会产生二次污染。

“在废水、污泥的处理过程中，我们力求寻找一种理想的工艺路线，既能提高降解效果，又能为企业降低成本，实现环保与经济效益间的平衡。”蔡天明说。

机氮类污染物、杂环类污染物、卤代芳香烃类污染物、抗生素类及国家目前重点关注的新污染物等。随着研发工作持续进行，种质资源库还会不断扩增。”蔡天明说。

医药、农药等化学品的生产过程，用到的原辅材料成分复杂，有时水中掺杂了多种污染物，如果只用一种降解菌，难以降解所有污染物，而如果针对每一种污染物逐一降解，又需要许多污水池，对于企业来说将提高处理成本。

如何高效经济地治污？蔡天明介绍：“如果一道工序后排放的废水量不大，但有多种类似的污染物，我们会将它们混合后，按照污染物的构成和数量，调配不同比例的多种降解菌，将它们投加到废水生化池中，让它们在其中定殖，以形成稳定的微生物种群结构，最终使污染物‘团灭’。”

此外，蔡天明团队还在废水生物强化处理工艺中采用绿色荧光蛋白基因标记和高通量测序等技术，对目标微生物的定殖和生长情况进行动态跟踪研究，以及时了解微生物种群特征及高效降解菌株的状况。

“如果将污泥中的污染物是草原，那么吃掉污染物的降解菌就是兔子，兔子吃完草一段时间后，也会留下一些‘尸体’，而隐藏嗜酸杆菌就像狼，它们能吃掉这些‘尸体’，从而实现剩余污泥的减量。”蔡天明说，与传统的污泥处理方式相比，项目的污泥脱水效果稳定，脱水污泥含水率在20%以下，污泥减量80%。脱水污泥呈颗粒状、便于运输，每千克污泥热值达到2000千卡，可直接进行焚烧处理。整个污泥处理过程不会产生二次污染。

“在废水、污泥的处理过程中，我们力求寻找一种理想的工艺路线，既能提高降解效果，又能为企业降低成本，实现环保与经济效益间的平衡。”蔡天明说。

“今年7月初，‘苏翠1号’便占领市场，比其他品种早15—20天，加之果实爽口多汁，成为消暑佳品。”

对于果农来说，“苏翠1号”具有明显的价格优势。记者了解到，传统梨子的价格为2—3元/斤，而“苏翠1号”今年首批采摘的价格超过10元/斤，目前市场销售均价也达到6元/斤，这也让它成为了帮助果农致富的“黄金果”。

“苏翠1号”果实各项指标表现最佳，团队敏锐地抓住其品种特性展开研发。

“我们通过几年的调查研究，揭示了‘苏翠1号’果实优异性状形成的物质基础和分子机制。”

“苏翠1号”果实各项指标表现最佳，团队敏锐地抓住其品种特性展开研发。

“我们通过几年的调查研究，揭示了‘苏翠1号’果实优异性状形成的物质基础和分子机制。”

“苏翠1号”果实各项指标表现最佳，团队敏锐地抓住其品种特性展开研发。

“我们通过几年的调查研究，揭示了‘苏翠1号’果实优异性状形成的物质基础和分子机制。”

找到脆甜、早熟“攻略”，育出致富“黄金果”

◎本报记者 张晔 实习生 邵影卓

近日，“苏翠1号”梨喜获大丰收，在江苏省农科院梨种质资源圃内，记者现场采摘了品相好、甜度高的梨子。江苏省农科院果树研究所梨创新团队（以下简称梨团队）副研究员王宏介绍，超早熟品种“苏翠1号”上市以来受到了消费者的广泛好评。

王宏告诉记者，他们立足产业需求，对“苏翠1号”进行全面剖析，从代谢物质层面、分子机理

层面、再深入到人基因分析了梨子早熟、好吃、好看背后的奥秘。

“苏翠1号”集“父母”优点于一身

长江流域发展早熟梨具有区位优势，为选育优质早熟砂梨品种，丰富生产多样化需求，早在2003年，梨团队就将目光聚焦于早熟梨“华酥”和“翠冠”。

团队研究发现，二者具有优秀的品种优势，“翠冠”梨果糖和蔗糖含量高，故甜度高，但缺点

是果皮粗糙；“华酥”梨果糖含量高、果皮光洁无锈，但较高的柠檬酸含量使其味道略酸。

2003年，梨团队以“华酥”为母本，“翠冠”为父本配置杂交组合，获得优良单株，2011年通过江苏省农作物品种审定委员会鉴定，定名为“苏翠1号”，并于2017年获得新品种权，开始大面积种植推广。

与市面上其他品种梨不同，“苏翠1号”结合了杂交亲本的优点，具有得天独厚的品种优势：成熟早、口感脆爽、汁多味甜、酸甜适中，果皮翠绿，光洁无锈。目前，“苏翠1号”种植面积达20万亩，主要栽种在安徽、河南、江苏、山东四个省份，其中江苏种植3万亩。

王宏介绍说：“今年7月初，‘苏翠1号’便占领市场，比其他品种早15—20天，加之果实爽口多汁，成为消暑佳品。”

对于果农来说，“苏翠1号”具有明显的价格优势。记者了解到，传统梨子的价格为2—3元/斤，而“苏翠1号”今年首批采摘的价格超过10元/斤，目前市场销售均价也达到6元/斤，这也让它成为了帮助果农致富的“黄金果”。

“苏翠1号”果实各项指标表现最佳，团队敏锐地抓住其品种特性展开研发。

“我们通过几年的调查研究，揭示了‘苏翠1号’果实优异性状形成的物质基础和分子机制。”



“苏翠1号”梨 江苏省农科院供图

成果播报

多层级智能控制技术 筑牢大规模新能源电站安全防线

科技日报讯（记者 顾满斌 通讯员 何文）如何解决大规模新能源并网导致的电站运行状态感知难、场站源网协调控制难、电力电量平衡难等一系列难题？国网甘肃电科院对此进行了历时7年的研究。近日由该院牵头的“大规模新能源电站多层级智能化运行控制关键技术研究及应用”项目获甘肃省2021年度科技进步奖一等奖。

“甘肃新能源装机技术高速发展，截至2021年12月底，甘肃新能源并网装机容量已达2897万千瓦。大规模的新能源并网将使场站层级多、通信不规范、设备协调控制难度大、功率响应慢等问题更加突出，对新能源发电高占比下的大电网安全稳定性的影响日益加大。”国网甘肃电科院新能源技术研究功率预测与储能室主管吕清泉介绍说。

针对上述问题，国网甘肃电科院研发团队开展了新能源发电统一信息建模及信息交互技术、基于多源数据融合的大型新能源电站有功分层控制技术和动态无功控制技术研究，自主研发了大规模新能源电站多层级智能化运行控制系列装置和系统，实现了新能源电站运行控制响应时间小于4秒，有功/无功控制误差小于1%，有效解决了大规模新能源电站的组件/发电单元/场站不同层级设备运行控制的通信标准化、响应快速化、控制智能化技术难题，降低了大规模新能源接入的电力系统运行风险。

该成果通过自动发电控制、自动电压控制以及调频控制等功能一体化集成，有效提升新能源电站运行控制水平，实现电站智能控制；支撑新能源电站开展功率控制、调频等试验，支撑电网安全稳定运行；通过对光伏电站关键设备进行性能评估与分析，为各设备厂商改进产品技术，促进行业技术进步。

灵活“身姿”+“金钟罩” 这个高压线路“保镖”很可靠

◎本报记者 张晔 通讯员 黄蕾 庞家或 戚银

近期，苏通GIL管廊工程实现安全运行满1000天，累计输送电量超过600亿千瓦时，为长三角地区经济社会发展提供了有力支撑。

苏通GIL管廊工程是“国家大气污染防治行动计划”重点输电通道的重要组成部分，工程起于长江南岸苏洲，止于北岸南通，是世界上电压等级最高、输送容量最大、输电距离最长的特高压气体绝缘封闭输电线路工程。

据了解，该工程采用了“紧凑型特高压GIL+大直径长距离水下隧道”穿越长江，代表了特高压输电研发、电工装备制造、深埋隧道施工等领域的国际领先水平。据统计，投运以来，该工程已安全输送电量突破600亿千瓦时，相当于折合约标准煤1800万吨、二氧化碳4480万吨。

GIL是气体绝缘输电线路的英文缩写。与电缆和架空线路输电方式相比，GIL具有传输容量大、运行可靠性高、占地面积小、维护成本低等优点。为保障夏季用电高峰时期的GIL设备稳定运行，国网江苏电力每年都需要对GIL管廊中的GIL设备进行“全身体检”，检验GIL本体绝缘性能是否良好是体检工作的重要内容。

“GIL管廊采用六氟化硫气体绝缘的方式，将1000千伏特高压线路密闭在直径不到一米的金属管道内，就像罩上了一个‘金钟罩’，整个管廊内共充有约800吨六氟化硫气体，有3.6万余个检测点，我们需要用超声局放带电检测仪定期对每一个点进行探测，并细致比对分析数据。”国网江苏超高压公司苏通GIL管廊站站长戴晨悦说。

管廊长距离穿越长江，最低点在水面下74米深处，水压大，这给管廊的运维提出了难题。“由于受不同区段水文地质影响，管廊会不断调整‘身姿’，处于动态平衡中，但其运行中产生的形变应力会影响内部GIL设备的安全稳定运行。”戴晨悦介绍。为此，苏通GIL管廊站运维人员使用隧道结构多功能扫描仪定期检测管廊隧道是否出现外扩、沉降、错台等隐患，“其精准识别功能可360度扫描隧道本体，生成高精度图像，识别出小于0.3毫米的裂缝。”戴晨悦说。

不用人工 不用药 北斗智能除草机实现精准除草

◎通讯员 张平 本报记者 过国忠

“今年，由于气候异常，前期播种出苗后，稻田里就出现了大片杂草，给水稻稳产高产带来很大挑战。”8月21日，正在扬州市七里村带领学生开展“勤不兴农”社会实践科技服务的奚小波博士说，扬州大学师生团队成功研制的最新一代北斗导航水稻机械化除草机，在机械除草、精准对行、无人驾驶等方面取得了突破性进展，不但除草效率高，还减轻了化学除草剂的使用。

扬州大学机械工程学院教授张瑞宏介绍，除掉田间的杂草，对于农民来说是件头疼事。人工下田除草，劳动作业强度大，还难以清除干净。目前，水稻的除草方式主要是以化学除草为主，而长期、大量、高频地施药除草，容易引发杂草抗性提高、作物药害加重、环境污染加重等问题。

扬州大学“勤不兴农”暑期社会实践科技服务团，由该校农机专业青年教师、博硕士研究生和本科生等组成。自2018年开始，该科技服务团就针对粮食生产上的现实难点和突出问题，开展调研与攻关。

“为了研制新一代智能化除草机，我们团队对田地的杂草进行了大量取样、测量和分析等，与农机专业生产企业科研人员一起探讨，设计出可行方案。”奚小波说。

3年来，团队在张瑞宏的指导下，确立了利用北斗导航数字化精准化深耕除草双轴匀混、表面碎土精整、三维定位播种、机器大数据共享田间让苗作业等先进技术，实现了杂草精准去除，大幅度减少了化学除草剂的使用。团队还自主开发了物联网及新一代导航系统的信息技术，解决了智能机械除草精准化难题。

“样机出来后，下田实操验证是一个必不可少的环节。我们努力记录下机器除草过程中的问题和不足，再进行讨论与改进。”该实践团队队长王昱博士说，今年，根据农户需求，为进一步提高机具作业精度与作业效率，团队使用了北斗导航驾驶与数据共享精准对行技术，使机器朝着自动化与无人化的方向发展。

“看着智能除草机器在田间自主无人作业，水稻行间杂草几乎都能去除，我很激动。对于我们农户来说，除草是很费力的，如果不喷农药，这么多的田，根本忙不完。”扬州市七里村试验田承包人焦永凤说，现在有了这种智能除草机，真是解决了农户的大难题。