



微藻治废有潜力有前景 但还需跨过几道坎

小微藻大用途③

◎ 通讯员 张青 吴婷 雷宁
本报记者 过国忠

废水处理是环境保护中的重要环节。微藻具有生长速率快、光合速率强、含高价值生物物质及可以固定二氧化碳等特点,利用微藻处理废水可以说是一种经济可行的污水资源

微藻技术是新兴水处理技术

“利用微藻处理废水是一种生态可持续的技术方法,其可通过发挥藻菌的协同作用,吸收并降解废水中的污染物,整个处理过程不仅能耗低,又能促进氮、磷等营养物质的循环利用,同时达到控制温室气体排放的目的。”江南大学环境与土木工程学院副院长邹华教授说。

在江苏理工学院环境工程专业程浩红教授看来,微藻净化污水的特点,就是在净化污水的同时,又能生成有用的生物物质。利用微藻处理污水,是近年来的新兴水处理技术之一。

目前,利用微藻处理的废水多以城市污水、工业废水、农业废水等有机废水为主。这类废水中含大量的氮、磷等营养物质,易造成接纳水体的富营养化,导致水华或赤潮。

传统的A2/O工艺(俗称厌氧-缺氧-好氧法,是一种常用的污水处理工艺),去除氮、磷时

不同污水应采用不同方式

“不同行业产生的污水种类繁多,且其中的氮磷含量及氮磷比也不尽相同。生活污水和农业污水中的污染物多为微藻生长所需的氮磷等,适宜微藻繁殖,因此利用微藻对该类废水进行处理较为合适。”邹华说。

邹华介绍,用市政污水培养产藻微藻可将污水中几乎全部氮磷予以消耗。栅藻也可在市政污水中生长,并可完成对污水中氮磷的去除。

尽管污水中含有微藻生长所需的营养物质,但在实际应用中仍需针对不同污水的组成和性质,挑选适当的藻种,以满足微藻生长的需要。

邹华认为,微藻处理农业废水虽潜力巨大,但需要结合各地实际情况,从生态农业和循环经济角度出发,做好藻种选育、工艺优化和产品开发工作。

提升草甘膦降解效率,除草剂有望靠基因技术“去毒”

◎ 本报记者 陈曦

草甘膦年产量超70万吨,是全球应用最广、产量最大的除草剂。然而草甘膦滥用会产生杂草耐药性,并对生态环境和人类健康产生潜在威胁。近日,湖北大学生命科学学院郭瑞庭教授团队首次解析了来源于芒稗(一种恶性的稻田杂草)的醛酮还原酶AKR4C16和AKR4C17催化草甘膦降解的反应机制,并通过分子改造大幅提升了AKR4C17对草甘膦的降解效率。该研究成果近日在线发表在国际期刊《有害物质杂志》上。

日益严重的草甘膦耐药性

草甘膦自20世纪70年代问世以来,风靡全球,逐渐成为最廉价、应用最广、产量最大的广谱除草剂。它通过特异性抑制植物生长代谢过程中关键的5-烯醇丙酮酰莽草酸-3-磷酸合酶,从而引起包括杂草在内的植物代谢紊乱和死亡。“因此,培育抗草甘膦的转基因作物并搭配草甘膦在田间使用,是现代农业中控制杂草的一种重要方式。”郭瑞庭介绍。

化方案。

目前,如何利用微藻来实现对农业废水、工业废水、城市废水和含农药以及抗生素等物质的有害废水进行治理?针对不同的污水治理需求,又该如何进行藻种选择?我国在这方面的研究成果有哪些?微藻治污在我国产业化应用情况如何,产业化应用还面临哪些挑战?未来该如何进一步扩大产业化?

6月13日,科技日报记者就此采访了相关企业专家。

邹华

江南大学环境与土木工程学院副院长

运行管理复杂,反硝化时需要补充碳源,提高了处理成本,还会造成温室气体排放。利用微藻处理污水,既不用补充碳源,又可控制温室气体排放。

由于微藻具有极强的适应环境能力,甚至可以利用微藻处理含有毒成分的废水,如含有农药、抗生素、杀虫剂等废水,以及利用微藻处理含铁、锰、锌、铜等微量重金属元素的废水。

微藻具有强大吸附作用和降解作用,它可通过这两种作用去除有害污染物,从而得以净化废水。

邹华介绍,在实验室规模的生物反应器中,小球藻能去除85.6%的羟氨基青霉素;经小球藻处理后再加入来源于湿地沉积物或活性污泥的细菌进行处理后,羟氨基青霉素的去除率能达到99%。

在工业废水方面,工业废水中除了COD、TN和TP等指标外,还包括重金属离子和有毒有害化学品等成分,需要多个步骤进行净化,微藻可以作为整体工艺的一个环节,提高工业废水处理效率。

因此,亟须挖掘可以降解草甘膦的基因,以培育低草甘膦残留的高抗草甘膦转基因作物。

2019年,中国和澳大利亚的研究团队首次从抗草甘膦的芒稗中,鉴定出2个降解草甘膦的醛酮还原酶——AKR4C16和AKR4C17,AKR4C16和AKR4C17利用NADP⁺(烟酰胺腺嘌呤二核苷酸,一种辅酶)作为辅因子,将草甘膦降解为无毒的氨基甲酸和乙醛酸。

“AKR4C16和AKR4C17是首次报道的植物自然进化产生的草甘膦降解酶。”本文共同通讯作者戴隆海副教授说,但对于这两个蛋白是怎么催化草甘膦降解的分子机制一直尚不清楚,阻碍了进一步开发利用这两种降解酶解决耐药性和草甘膦难以降解的难题。

程浩红介绍,目前,微藻可以“对付”废水中的有毒重金属,通常是用吸附的办法,如可吸附



利用微藻处理废水是一种生态可持续的技术方法,其可通过发挥藻菌的协同作用,吸收并降解废水中的污染物,整个处理过程不仅能耗低,又能促进氮、磷等营养物质的循环利用,同时达到控制温室气体排放的目的。

邹华

江南大学环境与土木工程学院副院长

镉、汞、铬和铅等毒性大的金属,但这些重金属含量不能过高,一旦超出微藻的耐受极限,同样抑制微藻生长或导致微藻死亡。

此前,清华大学胡洪营教授团队就高效筛选

微藻大规模应用要跨过几道坎

“我国在20世纪50年代末就提出了利用微藻进行废水处理,此后,以藻-菌共生体系和高效藻类塘为代表的悬浮生长藻类塘系统在分散式污水处理中得到了广泛的应用,但是由于一些技术问题无法得到突破,利用微藻治污至今还没有得到工业化的大规模应用。”邹华说。

程浩红看来,藻类是自养型生物,尽管生长时对废水中营养要求较低,但目前从自然界纯化分离获得的微藻往往净化效率偏低,仍无法适应高浓度的污水。因此,需要通过选择育种、基因工程育种、诱变育种进行改良,以得到可工程利用的藻株。

此外,不同废水的污染物成分、含量皆不同,用单一的藻类处理一般很难达到要求。因此,要根据不同的处理对象选择藻种,并深入研究其净化机制。

常州工程职业技术学院环保教研室主任纪振介绍,当前,微藻治理废水领域的研究主要集中在优势藻类种的筛选、藻类固化和藻类污水处理工艺优化、藻类处理废水设备开发四个方面,尽管已在筛选方法和筛选装置的研究上,形成了不少专利,但在废水处理领域的产业化尚不多见。

邹华认为,目前来说,微藻治污面临多方面挑战。比如,治污的效率以及稳定性有待提高,藻细胞分离、采收困难仍是限制微藻技术大规模工业化应用的重要瓶颈;技术经济性不被认可,

出了可以异养的微藻,其中筛选得到的小球藻和栅藻可以利用20余种污染物作为有机底物,并且可以利用废水中的有机底物生产生物燃料,具有良好的市场前景。

有必要进行综合开发,提高技术的可持续性并降低成本;环境风险也有待进一步评估。从总的来说,进行大规模生产和利用微藻仍然是一个技术难题。

“微藻废水处理技术是有潜力的绿色技术,需要针对不同废水的处理需求,选择合适的藻种(菌种)和工艺,进一步提高废水处理效率。”邹华说,目前,多数研究还停留在实验室阶段,需要更多中试规模以上的实验数据。

“需要从污染物处理效率、过程能量需求和经济性等多方面考察新的微藻废水处理工艺,重视微藻的产品开发,提出可持续治理技术,推动微藻废水处理的更广泛应用。”邹华说。

常州工程职业技术学院检验检测认证学院李娟红博士也认为,微藻废水处理技术是极具潜力的绿色技术,具有广阔的市场前景。在实际应用中需要针对不同废水的处理需求,选择合适的藻种及工艺,提高废水处理效率,但关于微藻废水处理的多数研究目前还停留在实验室阶段,需要工程应用推广。

从市场角度来看,需要从污染物处理效率、过程能耗和工程经济性等多方面考察新的微藻废水处理工艺,特别是要重视微藻的产品开发,基于循环经济理念提出可持续开发路线,将微藻废水处理技术作为微藻产品开发工艺的源头而非终端,这样才能推动微藻废水处理更广泛应用。

研究进展

水稻分蘖调控新机制获揭示

科技日报讯(记者马爱平 通讯员卫斐)近日,以中国工程院院士万建民领衔的中国农业科学院作物科学研究所作物功能基因组研究创新团队克隆了水稻分蘖调控新基因DHT1,并对其调控水稻分蘖的分子机制进行了深入解析,揭示了其通过调控独脚金内酯受体基因D14的转录和剪接来调控水稻分蘖的新通路。相关研究成果在线发表于《植物细胞》上。

水稻株型是决定水稻产量的重要因素,独脚金内酯是近年发现的调控株型的新型植物激素,它的作用包括抑制水稻分蘖、促进株高和根系生长。已有研究明确了独脚金内酯信号传递的主要遗传通路,但对该通路基因的转录和剪接调控机制仍然不了解。

万建民团队以一个矮秆多分蘖的水稻突变体DHT1为材料,通过图位克隆的方法鉴定了DHT1基因编码一个新的单子叶植物特有的核不均一性核糖核蛋白,该蛋白参与调节大量基因的前体信使核糖核酸(包括独脚金内酯受体基因D14)的内含子剪接。DHT1突变导致D14前体mRNA转录和剪接受阻,减少D14蛋白,阻碍了独脚金内酯的信号传递,最终导致独脚金内酯信号通路的抑制因子D53蛋白积累,促进了分蘖。研究揭示了通过调控独脚金内酯受体基因D14的转录和剪接来调控水稻分蘖的新通路,为水稻株型改良提供了新启示。

我科学家发布

独龙牛高质量基因组序列

科技日报讯(记者马爱平 通讯员付松川)近日,中国农业科学院北京畜牧兽医研究所牛遗传育种科技创新团队发布了独龙牛高质量全基因组组装序列,揭示了独龙牛的起源与系统地位问题、染色体融合的分子机制以及环境适应性的遗传基础,对我国牛种质资源的优异种质和基因的精准鉴定具有重要意义。相关研究成果发表在期刊《通讯生物学》上。

独龙牛又称“大额牛”,主要分布于云南省独龙江和怒江流域,是我国唯一的半野生半家养的珍稀牛种。我国的独龙牛与东南亚及南亚国家的大额牛一样,其起源与形成史在分类地位上尚有争议。早期研究表明,普通牛2号、28号染色体的罗伯逊易位可能形成了独龙牛的1号染色体,但缺乏基因组学层面的支持。因此,研究独龙牛高质量全基因组组装序列,从而进行深入系统分析,成为了解开独龙牛起源和演化历史之谜的关键。

科研人员利用二代、三代和10xGenomics等测序技术,成功获得了独龙牛高完整性和连续性的全基因组序列。通过比较基因组学分析,描绘了独龙牛进化历史,发现独龙牛与牦牛、野牛一样,在大约300万年前的上新世晚期就从Bos牛属中相继发生分化,比家牛早了100多万年,团队从物种形成时间和遗传关系分析,得出的结论支持了独龙牛是独立的牛属物种的分类学地位。为全面精准评价独龙牛种质遗传资源特性,科研人员通过多维度基因表达和生物途径分析,整合了43个参与心血管循环进化的基因,发现独龙牛已经进化出物种特异性MYH基因家族成员,以满足其高山峡谷的特定环境下心脏生理功能的需要。

宁夏研发微生态制剂

可有效增强植株抗病性和抗逆性

科技日报讯(记者王迎霞 通讯员沙月霞)6月10日,记者从宁夏农林科学院获悉,该院植物保护研究所科研团队在宁夏粮食主要产区的植物根际土壤和内生菌中筛选生防菌,研发的植物微生态制剂可在生理层面、微生物组及蛋白质组等层面增强植株抗病性和抗逆性。

病害危害重、干旱少雨、土壤pH值高和部分耕地养分差,是影响宁夏优质粮食产业高质量发展的瓶颈问题。植物保护研究所优质粮食有害生物创新团队联合中国农业大学、中国农业科学院植物保护研究所、宁夏大学及中农绿康(北京)生物技术有限公司等多家单位开展了“宁夏水稻稻瘟病生物防控技术”和“宁夏玉米茎腐病生物防控技术”等相关研究,6年来取得多项创新性成果。

针对全区稻瘟病生防效果不好、自主研发微生物菌剂较少等问题,项目组筛选出几千株生防芽孢杆菌和假单胞菌,建立了宁夏稻瘟病生防菌资源库;研制的6种稻瘟病生物杀菌剂已在全区建立两个核心示范区,示范应用2.9万亩,对叶瘟预防效果达70%—85.9%,对穗颈瘟预防效果达60%—78.4%,可用于各品系水稻稻瘟病的防治。其中,嗜碱假单胞菌制剂能够显著增加植物胁迫激素中的乙烯和脱落酸含量,改善盐胁迫下水稻根系生长的微生态环境,促进水稻根系胁迫相关蛋白的表达。

农田地势低洼、土壤盐碱重、茎腐病发病率高、玉米产量低一直是制约宁夏玉米产业可持续发展的瓶颈。项目组从不同类型的盐碱地采集样本,分离喜盐型和嗜碱型芽孢杆菌,通过与土壤调节剂和载体一起复合加工的方式,研制成植物微生态芽孢杆菌制剂,有效破解了盐碱地pH值高、高浓度土壤离子破坏土壤微生物群落多样性及优势菌群保持等问题,突破了自治区盐碱地土传病害防控效果不佳的难题,可有效预防玉米茎腐病和改良土壤质量,促进玉米生长。

“十四五”期间,该院植物保护研究所优质粮食有害生物创新团队将在农作物病害生态调控方向继续努力,利用微生物资源和生物多样性控制作物病害,实现粮食产业提质增效。

解反应。

通过对AKR4C17的结构分析,团队发现AKR4C17底物口袋区的苯丙氨酸F291位点与草甘膦的磷酸基团距离较近,将F291位点突变成组氨酸(F291H)、赖氨酸(F291K)、精氨酸(F291R)或天冬氨酸(F291D)后,研究团队发现这些突变体的活性均有不同程度的提升,其中,F291D突变体对草甘膦的催化活性较野生型AKR4C17提高了70%。进一步解析AKR4C17^{291D}的晶体结构发现,F291D位点的突变增强了AKR4C17底物结合口袋与草甘膦分子间的亲水作用,从而使草甘膦分子更稳定地结合在AKR4C17的底物结合口袋,增强了AKR4C17介导的草甘膦降解反应。

“我们的工作揭示了AKR4C16和AKR4C17催化草甘膦降解的分子机制,为进一步改造AKR4C16和AKR4C17,以提高其对草甘膦的降解效率奠定了重要的基础;另外,我们成功构建了草甘膦降解效率提升的突变体蛋白AKR4C17^{291D},为培育低草甘膦残留的高抗草甘膦转基因作物,以及利用微生物工程菌降解环境中的草甘膦,提供了重要的参考。”戴隆海表示。

草甘膦的分子机制,郭瑞庭教授团队通过X射线晶体衍射技术分别解析了这两种酶与辅因子高分辨率的复合体结构,揭示了草甘膦、NADP⁺与AKR4C17合成三元复合体的结合模式,提出了AKR4C16和AKR4C17介导草甘膦降解的催化反应机制。

NADP⁺和草甘膦分别与AKR4C17活性区关键氨基酸残基通过氢键、疏水作用等分子间作用力,结合在AKR4C17的底物结合区。然后,NADP⁺的烟酰胺基团的C4位点夺取草甘膦C2位的一个氢原子;C2位失去1个氢原子的草甘膦分子不稳定,在活性区的催化氨基酸位点经由草甘膦的磷酸基团辅助下,草甘膦分子内的C-N键氧化断裂,降解为无毒的氨基甲酸和乙醛酸,这一过程中NADP⁺同时被还原生成NADPH。

在获得了AKR4C17/NADP⁺/草甘膦的精细三维结构模型后,郭瑞庭教授团队进一步对草甘膦与AKR4C17的底物结合区进行分析,发现草甘膦分子的磷酸基团与AKR4C17底物口袋缺少有效的分子间相互作用力,使得草甘膦与AKR4C17底物口袋的结合不够牢固,可能不利于AKR4C17催化草甘膦的降

酶结构设计改造提升草甘膦降解效率

为了深入探究AKR4C16和AKR4C17降解