

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2009年11月15日 第22期 (总第79期)

先进工业生物科技专辑

中国科学院国家科学图书馆成都分馆主办

中国科学院国家科学图书馆成都分馆 四川省成都市一环路南二段十六号
邮编: 610041 电话: 028-85228846 电子邮件: zx@clas.ac.cn

目 录

重点关注

纤维素酶动力学建模..... 1

科技政策与科研计划

工业生物技术——从绿色燃料到绿色经济..... 3

研究与开发

丹麦科学家研制出新型人造酶..... 5

美科学家获资研究气候变化对生物燃料原料的影响..... 5

由生物燃料副产品开发环保无毒的粘合剂..... 6

首次在酵母中构建合成纤维小体..... 7

纤维素酶动力学建模

木质纤维素的酶水解步骤是纤维素生物燃料生产过程中的重要步骤之一，为了提高纤维素乙醇相对于玉米乙醇和汽油在商业上的竞争性，必须在酶水解步骤上寻求重大改进。然而，由纤维素酶驱动的该水解步骤却受到许多限制，首要的是在高转化率时反应速率的急剧降低。为了提升整个过程的经济性，必须提高水解的速率和产量，需要对酶和反应过程加以改良，包括优化反应条件、反应器设计、酶和底物的混合比例以及酶的循环利用与回收策略。酶和反应过程上的进步，很大程度上依赖于对酶-底物相互作用的精确量化以及要弄清反应速度降低的原因。此外，主要挑战还包括纤维素酶成本过高以及对作用于木质纤维素底物的纤维素酶动力学的认识太少。

在过去的 5 年里，针对纤维素的酶水解动力学模型的研究显著增多，下面将对相关模型进行介绍。

纤维素酶动力学模型的类别

纤维素酶生物水解较传统酶动力学的步骤更多，其 6 个步骤包括：底物通过结合结构域对酶的吸附，底物表面易于水解的化学键的定位，酶-底物复合体的形成， β -糖苷键的水解与酶沿着葡萄糖链的向前同步滑行，纤维素酶接触与底物的吸附或重复前面第 4 步或第 2/3 步骤， β -葡糖苷酶作用下的纤维二糖向葡萄糖的水解。

纤维素酶的动力学模型可以分为 4 类：经验模型、Michaelis–Menten 模型、吸附模型以及可溶底物模型。此外还有文献报道了基于干扰和分形动力学模型。经验模型有助于量化不同底物和酶对水解的影响，包括理解底物特性之间的相互影响，评估起始速率，在有大量数据的情况下优化反应条件等，底物的光谱数据与结晶度和木质素含量也作为统计模型的独立输入变量，用于预测起始水解速率。基于总体活动定律的 Michaelis–Menten 方程适用于均相反应，因此不能直接用于不溶纤维素底物酶水解的多相反应。仅 β -葡糖苷酶对纤维二糖向葡萄糖的转化属于均相反应，所以可以采用 Michaelis–Menten 动力学进行建模。借 Michaelis–Menten 模型分析发现，与底物损耗和竞争性抑制对反应速率的影响相比，非生产性纤维素酶的结合、抛物型抑制、酶失活等的影响则显得微不足道。

高转化率条件下的速率限制与降低

大量实验研究表明，在高转化率的条件下，水解速率降低 2-3 个数量级，甚至在纤维二糖的产物抑制性得到缓解后，随着反应的进行，纤维素酶活性以及水解速率仍然急剧降低。因此，为了增加反应速率，需要确认纤维素水解反应的各种瓶颈。

除了产物抑制外，现有模型中考虑的导致速率降低的因素包括酶失活、纤维素

的两相成分、底物活性和亲和性的降低、分形动力学以及各种纤维素酶之间协同作用的降低。

纤维素酶的协同作用模型

与单一纤维素酶成分相比，纤维二糖水解酶和内切纤维素酶的混合物拥有更高的活性。因此，对酶协同作用的深入分析需要对两种酶的混合物进行优化。由于在转化过程中纤维素酶吸附的数量很容易发生变化，对这种变化及其含义的研究至关重要。底物对酶的亲和性也会随着底物糖链尺寸的变化而变化，一个关键的问题是与多相底物可用糖链末端的亲和性相关的复杂性，需要在应用解聚模型前加以清晰解释。

纯纤维素底物与木质纤维素底物模型

木质素降低了纤维素对纤维素酶的亲和性和吸附性，进而导致水解速率降低。大量实验模型已经证实了木质素含量对水解速率的影响，由于木质素的存在明显影响水解速率，所以基于纯纤维素底物构建的模型无法用于高木质素含量的底物。

由于木质素无法被纤维素酶降解，所以木质素会在底物上形成一个壁垒，中止酶的反应。对分形动力学而言，木质素和半纤维素作为障碍物增加了反应系统的不规则性。

需要深入理解木质素对木质纤维素酶解的调控作用以及其与酶的相互作用，不仅是为了改进预处理技术，也是为了开发具有低木质素亲和性的工程酶。可行的办法是在水解过程的各个步骤对木质素的影响进行量化和建模研究。

展望

纤维素酶水解是多相反应，传统的均相酶催化是由 Michaelis–Menten 方程建模，而多相催化催化则由 Langmuir–Hinshelwood 动力学方程建模。不溶木质纤维素底物的纤维素酶动力学同时包含了上述两种反应类型，此外还包含其他因素，如产物抑制、酶失活、底物结晶度、底物亲和性及活性的改变、反应的分形特性、酶协同作用的改变、木质素抑制等，这些因素阻碍了在高转化率时的反应速率。尽管目前文献报道的模型尚未精确地指出木质纤维素材料酶水解反应的精确机制，但有助于我们理解各种因素对酶反应的影响。

借助于由主要底物和酶特性构建的模型，可以更多地对酶催化反应加以深入研究，这些特性包括底物浓度、聚合度、亲和性、糖链的粒径分布、结晶度、酶浓度、协同作用/竞争因子以及单个成分的吸附浓度。然而，由于参数的不断增加，在判定致使速率降低的多种原因时，除了考虑转化时间外，这些模型还需要经过实验数据的验证。吸附性、底物活性和亲和性在转化过程中会发生变化，因此，在建模时必须考虑底物的动态性。由于主要的速率降低情况发生于高转化率的反应条件下，所以转化的范围在检验一个模型的预测能力时也尤为重要。

具有重要调控作用的活性位点或氨基酸残基的工程学研究促进了酶催化反应的不断进步，对不溶木质纤维素底物的纤维素酶及其动力学而言，不能仅靠活性位点来解释速率的抑制性，最主要的原因在于底物的异质性。结构生物学上有关催化结构域、结合结构域、连接结构域（酶的三个结构域）的信息无疑对更加全面地在分子水平上理解纤维素酶的作用机制提供有力支撑。此外，为了显著改进酶反应过程，需要对各种底物特性进行明确的量化，进而改进酶和底物的功能。

陈云伟 译自 Prabuddha Bansal, *et al.* *Biotechnology Advances*, 2009, 27(6): 833-848

检索日期：2009年11月5日

科技政策与科研计划

工业生物技术——从绿色燃料到绿色经济

2009年9月，世界自然基金会（WWF）发布了一份名为《生物工业技术——从绿色燃料到绿色经济》的报告，报告认为工业生物技术在环保和发展绿色经济方面有巨大减排潜力和经济价值。WWF预计，随着技术日益成熟，到2030年工业生物技术每年将可能降低二氧化碳排放量10~25亿吨。

然而，我们所追求的利用工业生物技术进行减排的类型以及如何实现这些目标有着重要的差别。与大多数技术一样，拥有实现可持续发展目标的潜力并不会自动导致目标的实现，工业生物技术也不例外。

现在的问题是工业生物技术能够多大程度地将目前基本上不可持续的系统转化为可持续的生物基经济，是完全转化还是只是部分改变目前不可持续的经济状况。

目前应用的一些生物技术减少了碳排放却导致碳反馈程度高，这在利用酶生产生物燃料替代车用化石燃料的过程中表现得尤为显著。汽车生物燃料可以大大减少二氧化碳排放，但它支持一个碳密集的交通运输体系，将进一步加强社会、体制和文化对这类系统的依赖程度。短期内非常需要采取这些减少二氧化碳排放的措施，它们也是有价值的，但是如果我们不进一步转变经济基础设施，将会在未来的排放问题上面临更大的风险。事实上，生物乙醇生产的关键技术和原料资源在未来都将得以发展，为生物精炼技术的发展铺平了道路，也为生物基材料取代石油基材料奠定了技术基础。

报告分析了生物技术行业内目前的技术与市场发展状况，明确了未来各时间段内寻求减少温室气体排放的机会。不过，关键是确保从提高能源效率到替代石油基材料，以及形成材料可以重复使用的循环经济这一道路不受阻碍。

报告探讨了工业生物技术在传统工业经济向绿色经济转型进程中所能起到的作用。报告认为工业生物技术的减排贡献主要体现在提高能效、代替化石燃料、代替石化产品以及构建循环经济系统这四个方面。随着工业技术的发展与成熟，今后石化产品很可能会消亡，循环经济将抵消工业生产带来的大部分温室气体的排放量。这四方面不仅在碳减排潜力方面存在差异，它们产生的碳反馈程度也存在高低的差别。

报告同时强调，工业生物技术对温室气体减排的实际影响在很大程度上取决于宏观经济发展模式和工业技术发展应用所在国的法律政策环境。因此，为了充分利用工业生物技术实现其全部的温室气体减排能力，必须制定和实施强有力的公共政策和私营部门的战略，引导相关部门沿着低碳路径增长，避免看上去更有吸引力的、仅能在短期内减少温室气体排放量的高碳路径，这一点尤为重要。

报告中提出的政策与战略包括：

- (1) 支持现有的和新的能效解决方案，充分利用其短期的潜力；
- (2) 提早准备和培养生物材料与循环经济大规模发展的机会；
- (3) 确保根据可持续发展原则管理工业生物技术原料占用的土地。

工业生物技术产业通过制定明确的战略，可以实现以下目标：

- (1) 划定现有的市场范围，以明确应用现有或新兴的工业生物技术能够实现更好减排效果的区域；
- (2) 制定标准和工具，在整个行业系统部署采用多种工业生物技术，对工业生物技术解决方案对温室气体的影响进行分类；
- (3) 与消费者与供应商合作发展低碳解决方案的筹资机制；
- (4) 根据以环境友好为基本要求的设计方法开展生物基材料的研发与市场投资，其中包括实现循环经济的解决方案；
- (5) 与政策制定者一起改进政策，支持大规模生物材料生产与循环经济系统的发展；
- (6) 支持发展和实施公共政策，解决与工业生物技术原料生产紧密联系的不可持续的土地利用方式的风险；

报告还指出，要想解决气候变化危机，仅仅改善旧技术是不够的，必须迅速建立生物精炼基础设施，推进工业生物技术进展，才能与替代石化产品，实现有效的碳减排，发展循环经济。

陈方 检索，王春明 译自

<http://biofuelsandclimate.files.wordpress.com/2009/03/wwf-biotech.pdf>

检索日期：2009年11月9日

丹麦科学家研制出新型人造酶

2009年10月27日,丹麦哥本哈根大学化学系的研究人员宣布成功研制出可根据应用需求定制的人造酶,该研究成果的详细内容发表在《ChemBioChem》杂志上,题为《一种氧化酶模拟物——环糊精醛》。

新研制的酶不同于自然存在的酶,可从三个方面加以区分。这种酶不仅效果好,而且易于生产。生产过程简单且廉价的过氧化物有不少,但该实验室的研究人员首次对这种可加速氧化过程的酶加以关注。

氧化过程公认为是所有化工生产的基石之一。传统的氧化剂多数有一定的毒副作用。因此,酶的应用极为重要,而根据需求定制的酶更加可贵。一方面,它们可设计成具有其它氧化剂无法达到的特性;更重要的是,它们能够在人体可承受的条件下发挥作用,不像传统的化学氧化剂那样往往需要高温、高压和腐蚀性的环境。

到目前为止,野生型酶仅来源于微生物。但是,化学公司面临的挑战与微生物面临的挑战不具可比性。在开发环保型替代品方面,该行业已显示了它的弱势。新型的人造酶为化工产业增加了一类全新的工具。

研究人员指出,天然酶通常能使反应加速高达100万倍,虽然人造酶只能使反应加速1万倍,但也不能忽视它在其它方面的优势。自2000年起他们就一直在研究可以作为酶的化学物质,成功研制的第一个人造酶仅使反应加速25倍,因此,上述结果已是一个重大突破。新型人工酶的加速反应能力仍将不断提高,它们在温度、压力敏感型行业,如制药业中的作用也会变得越来越重要。

丁陈君 译自 http://www.bionity.com/news/e/108518/?WT.mc_id=ca0068

检索日期:2009年11月2日

美科学家获资研究气候变化对生物燃料原料的影响

2009年10月,美国德克萨斯大学奥斯汀分校和美国农业部(USDA)的研究人员共同获得460万美元的资助,用于研究在未来天气变化的形势下,作为前景光明的生物燃料原料,原生杂草柳枝稷将会如何发展。

研究人员指出,此次合作可结合双方的优势,解决一些植物生物学和生态学方面的基本问题,尤其是在生物燃料发展和未来气候变化的背景下。该项目将综合多角度分析探索影响植物产量的制约因素。USDA研究人员负责将实验成果转移到实地验证。

同时,研究人员希望能够就未来气候变化的环境中不同品种柳枝稷的表现作出

更准确的预测，并揭示柳枝稷抗干旱的多种遗传机制。

这方面的研究一般集中在全国范围内有哪些品种的柳枝稷，但事实上在今后 20 至 40 年中，基于对气候变化的预测，真正要知道的是哪些品种在哪些地方种植产量更高。

为了研究柳枝稷的抗干旱反应，研究人员将农艺品种和当地品种种植于实验的干旱条件下。群落和生态学家 Hawkes 与 USDA 合作建造设计特殊的雨量控制种植地，模拟该地区所预测到的各种干旱水平，将柳枝稷种植于这些条件下，对其进行观测。这样做的目的是研究柳枝稷在干旱条件下的生态和遗传反应，以此确定在未来生物燃料发展中特别有前景的柳枝稷品种。

研究植物遗传学和基因组学的 Juenger 负责遗传资源和分子生物学技术等方面的基础工作以探索柳枝稷生理特性，他希望找出各个品种耐旱性和适应性的遗传机制。

景观生态学家 Keitt 则利用田间试验、实验室研究和其它各种渠道获得的遗传、生理和生态数据，显著改良了对气候变化如何影响北美自然条件下柳枝稷的产量和制约因素的预测模型。该模型可预测不同品种柳枝稷未来的产量，还可勾画出其它作物和植物物种在气候变化的环境下的发展情况。

目前已有的模型几乎都是以环境数据为基础。到 2050 年，如果这些地区的温度和降雨与预测的相似，那么基本上有些作物生长良好而另一些则不然。不过这些模型由于没有考虑到生物学特性，也存在一定的局限性，如果加上这个因素，则模型还需进一步改进。

丁陈君 译自 http://www.utexas.edu/news/2009/10/27/climate_change_biofuel/

检索日期：2009 年 11 月 2 日

由生物燃料副产品开发环保无毒的粘合剂

2009 年 10 月，美国堪萨斯州生物材料与技术实验室负责人 Susan Sun 教授的研究小组宣布开发了利用生物燃料副产品生产粘合剂的新工艺。

Sun 指出，这项研究的主要目标是发展环保型的生物粘合剂替代对环境有害的传统产品以及研制高附加值的生物燃料，以实现它的可持续发展。

粘合剂常用于生产厨房地板和层压板家具，多以甲醛和异脲为原料。由异脲生产的粘合剂是有毒的。而由甲醛生产的粘合剂则影响空气质量，对人类健康有害，因为这种化合物的碳氮键在潮湿环境中可发生逆反应生成甲醛释放到空气中。

另一方面，生物燃料生产商也需要生产一些有价值的副产品，如粘合剂，使生物燃料的可持续生产更具经济价值。

生物质本身包括了可生产生物燃料的糖类，还有木质素、蛋白质和其它成分，因此，在生产过程中会有许多残留物，利用它们可开发高附加值的化学品和生物基产品。

Sun 解释，纤维素生物质中含有的木质素是支撑植物直立生长的物质，它的这个属性是合成聚合物的良好基础。由于木质素含有丰富的带有多个功能团的芳香族结构，因此适合生产粘合剂。此外，植物油通过压力粘合的特性也使它们适合生产日常使用的压敏胶，用于粘合透明胶、邮票、便签条和标签等。目前研究小组正致力于粘合剂分子结构和作用方式相关的研究。

Sun 研究小组还研究了具有特定结构的蛋白质，该结构与粘合剂特性相关。该结果对利用基因工程改良植物以生产功能性蛋白聚合物的植物学家来说非常重要。

此外，Sun 研究小组还将开发生物降解塑料等其它领域的产品。他们将改进生物塑料的流动性和强度的工艺，如添加镁的氧化纳米粒子生产聚乳酸。流动性好使材料更容易流入模具，从而使整个生产过程效率更高。

丁陈君 译自

http://bioenergy.checkbiotech.org/news/k_state_professors_research_sustainable_nontoxic_adhesives_could_make_biofuels_more

检索日期：2009 年 11 月 2 日

首次在酵母中构建合成纤维小体

2009 年 11 月 2 日，美国加州大学河滨校区的研究小组宣布他们在酵母中首次成功地构建人造纤维小体，与含有许多天然纤维小体的细菌相比，它对乙醇的耐受性更强。

酵母纤维小体可使由酶催化纤维素水解同时进行发酵的一步法生物加工过程生产效率更高。因此，利用工程化酵母菌株使生物质生产生物乙醇的工艺流程更有效，更具经济价值。

纤维小体是在某些细菌外部发现的可自我组装的结构，它使生物体高效地分解纤维素。它包含的多种纤维素酶可大大提高纤维素水解的效率，因为它可消化各种不同来源的纤维素。人造纤维小体已高度模块化，可定制成含有 10 种或更多不同的纤维素酶，且所占比例也可人为调节，以优化各种原料的水解过程。

实验发现，工程酵母菌携带含有三种纤维素酶的纤维小体以纤维素作为唯一碳源，可进行高水平的遗传繁殖。相比于只含有一到两种纤维素酶的工程酵母，它对于纤维素的水解效率更高，表明了一个有机体中含有多种纤维素酶的优势。

丁陈君 译自 <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091030095519.htm>

检索日期：2009 年 11 月 2 日

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010) 62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn;

先进工业生物科技专辑

联系人:邓勇 房俊民

电话:(028) 85228846、85223853

电子邮件:dengy@clas.ac.cn; fjm@clas.ac.cn