

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2007年5月15日 第10期（总第19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

综述：通过固定化技术提高酶的活性、稳定性与选择性.....1

短 讯

科技政策与科研计划

Ashland 与 Cargill 公司合作建立生物基化学品生产中心8

研究与开发

混合牧草生产乙醇效益更好9

生物乙醇生产小型化突破10

植物预处理可提高乙醇产量10

重点关注

综述：通过固定化技术提高酶的活性、稳定性与选择性

尽管酶有极好的催化特性，但是在工业上应用（要求高产率的多次循环）之前，一般情况下仍然需要改进其催化特性。通常情况下，需要固定工业反应器中的可溶酶，从而保证可重复使用，另外，必须改进一些其他的重要酶特性，如稳定性、活性、反应产物的抑制、非自然底物的选择性等。本文综述了一些通过酶固定化方法改进这些酶特性的策略。这样，通过非常简单的固定化方法，固定化酶与可溶酶相比表现出更好的功能特性。在所有情况下，基于固定化技术的酶工程学方法与其他化学和生物学方法在改进酶功能方面是一致的，并且其最终成功依靠广泛的固定化方法的实用性。

1. 酶作为工业催化剂的优势与劣势

酶工程学的应用从生物学实体扩展到工业反应器是一个令人激动的目标，幸运的是，现已有多种技术能改进酶的特性，包括许多近年来得到飞速发展的科学领域，如：微生物学、蛋白质工程学、蛋白质化学等。然而，一些诸如固化技术等旧式技术最近被证明，如果经过合理的设计，其将是改进几乎所有酶特性的强有力工具，包括稳定性、活性、特异性与选择性以及减少抑制性等。

2. 酶的固定

在许多情况下，使用相对昂贵的酶催化剂要求对其进行回收和再利用，以实现经济可行的加工过程。此外，使用固定化酶可大大简化反应器的设计，并且对反应的控制也变得非常容易，通过简单滤除即可结束反应，并可以使用任意一款反应器。这样，固定化已成为酶作为工业催化剂的通常需求，同时固定化也是这些生物催化剂溶解问题的最简单解决方案。

然而，重复使用酶意味着最终酶要具有足够高的稳定性以保证能够再利用，因此，在适当的固定化过程中酶需要非常稳定或者变得高度稳定。

这样，尽管有数百种固定化方法，但在固定化过程中，设计一些新方法来提高酶的特性仍然是一个令人激动的目标。

此外，要牢记其最终用途是作为工业催化剂，理想的固定化方法应该限制有毒或者不稳定试剂的使用。

3. 通过固定化提高酶的稳定性

如果没有对固定化进行适当设计，通过固定化提高酶的稳定性并非是完全精确的，甚至对观察到的稳定性的解释有所不同。

随机固定化或许不能真正提高酶的刚性，在一些情况下，固定化后会降低酶的稳定性，如载体与酶发生非期望的相互作用的时候。

下面介绍固定化提供的酶稳定性的不同水平。

3.1. 多孔渗水载体上的固定化提高酶的操作稳定性

把酶固定于固体多孔结构内部能使酶分子完全分散，并可避免与任何外界界面发生相互作用，因此，该固定化法在把酶稳定的同时可避免酶与酶提取物中的分子发生相互作用，预防聚集、自我分解和提取物中蛋白酶对其的水解，这些蛋白酶也需要被分散和固定。此外，固定的酶分子无法与任何外界疏水界面接触，如供应一些调控 pH 值必需的气体或剧烈搅拌产生的气泡，这些气泡会导致一些可溶蛋白酶失活，但是不可能阻止固定在多孔渗水固体上的酶的活性。

在存在有机溶剂相情况下，固定的酶可以与溶于水相的分子发生相互作用，但是不与有机相界面发生相互作用，从而阻止再次发生这种失活作用。

因此，即使在没有真正影响酶的结构稳定性的情况下，任何一种以获取固定于多孔渗水固体内部的固定化酶为终产物的固定化方法都应保证酶的操作稳定性。

可是，这种稳定性并不与固定化普遍关联，例如，用日益流行的非多孔渗水纳米颗粒（主要是磁性纳米颗粒）来固定酶就需要考虑到前文提到的酶的稳定机制：固定于纳米颗粒上的酶能与外界界面发生相互作用，或者甚至能与固定于其他颗粒上的酶分子发生相互作用，这需要适当的策略加以解决。

3.2. 通过多点共价固定强化酶结构

通过多点共价，采用短臂和酶表面的残基把酶固定于预先存在的高活性载体上，进而强化固定化酶的结构。现在，多点固定中的所有残基的相对距离必须在由变性剂（高温、有机溶剂、极端 pH 值）导致的构象变化过程中保持不变，这样可以减少导致酶失活的任何构象变化，从而大大增加酶的稳定性。

然而，获取这种酶与载体之间的高强度多点共价接触（两个相异的刚性结构）并非易事，有必要选择合适的固定体系来利用这些技术的潜力，由于仅有的酶与载体之间适当的几何学一致性，一些研究人员甚至已经放弃了这种技术。

这样，载体的特性、反应组和固定条件等都需要仔细选择，以期能在固定化过程中固定最大数量的酶组，实际上，依靠酶-载体连接的数量获得酶的稳定还是可能的。

3.2.1. 选择适当的固定载体

适合蛋白质多点固定的载体需要满足一些特征：

- 载体应有足够大的内表面并与酶表面有几何学一致性，如果载体由非常薄的纤维组成，如体积比蛋白质小，就很难使酶与载体之间实现内部相互作用；
- 载体应该具有很高的表面反应组密度，仅当载体中蛋白质表面下有很多反应

组存在的条件下，才能获得强有力的多点共价接触。

- 蛋白质和载体的反应组应该在反应中有最小的空间障碍，原因是在固定起始后，多点共价接触的形成需要反应组固定到刚性结构上。

- 载体中的反应组应该与酶表面的反应组经常发生反应。

- 与固定有关的反应组应该有足够的稳定性来支持酶-载体的长周期反应。

- 固定化后应容易获得最终惰性载体表面，可以在不影响酶的情况下从载体去除残存的反应组。

现有文献介绍的固定化方法中，符合这些要求的载体包括：琼脂糖微球、沸石、多孔玻璃微珠、环氧树脂球等。

在反应组中，环氧或乙醛酸组被认为是非常适当的。乙醛酸琼脂糖具有更多的优势，其指引经由蛋白质反应残基富集区的固定化，使强有力的多点酶-载体反应成为可能。戊二醛化学是另外一种普遍使用的酶固定化技术，在很多情形下它能提供一些好的稳定性因子。戊二醛技术是通用的，能以不同的方式使用。然而，在固定化方面，固定于载体上的酶携带着重要的氨基酸组，对其用戊二醛进行处理，由于结合于酶的戊二醛分子与结合于载体的戊二醛分子之间的交联，在许多情况下可以获得非常好的结果。然而，这意味要对整个酶表面进行化学修饰。

3.2.2.选择合适的固定化条件

- 反应时间。尽管固定化或许是非常快速的，但是非替代酶和载体表面的多点交互作用是一个较慢的耗时过程：它需要位于已固定的和部分固定的酶以及载体刚性表面的组的正确排列。

- pH 值。尽管在多数情况下固定可以在中性 pH 值条件下完成，但是在碱性条件下蛋白质亲核试剂（一般是 Lys）的反应活性增加，因此更有利于达到高水平的酶-载体反应。

- 温度。适当增加温度可以帮助酶与载体的振动，增加酶-载体连接的机会。

- 缓冲液。选择不会影响反应的缓冲液。

- 抑制剂或其他蛋白质保护剂。多点固定、或固定条件也许会降低酶的活性，抑制剂或者其他化合物或许能减少这种活性的丢失。

3.2.3 通过多点共价接触提高酶的稳定性

因此，一种适当的提高蛋白质稳定性的固定化方法应考虑多种因素，然而，如果设计适当，通过固定化技术获得的结果应该是真正给人以深刻印象，明显强于其他稳定技术的。

采用环氧活化载体也能获得非常好的结果，也许不如乙醛酸琼脂糖，但效果仍然是非常明显的，在某些情况下，两个载体具有同样的功效（如青霉素酰化酶）。

3.3.通过多亚基固定提高多聚酶的稳定性

在设计生物催化剂过程中必须面对的一个特殊问题是酶是多聚体的情况，在很多情形下，这些酶亚基分裂后就会导致失活，即使这与酶的稳定性不相关，但分裂后的亚基也会污染最终产品（如食品）。通过遗传学工程方法获得多聚酶的稳定性过于复杂，从而使固定化方法或化学修饰方法成为解决寡聚蛋白分裂问题的最简单策略。可是，固定化-稳定技术的情形应考虑酶的自然多聚状态，不仅要得到蛋白质的多点接触，还要获得多亚基接触。下面的观点与前文提到的多点共价接触非常相近，从而二聚酶的多聚体结构可以通过固定于高活性载体上而很容易被稳定。已有的成功例子包括从三角酵母 (*Trigonopsis variabilis*) 与毕赤酵母 (*Rodotorula gracilis*) 获得的 D-氨基酸氧化酶、从 *Pseudomas sp.* 与 *Candida boidini* 获得的脱氢酶、从马肝脏获得的乙醇脱氢酶等（下图）。

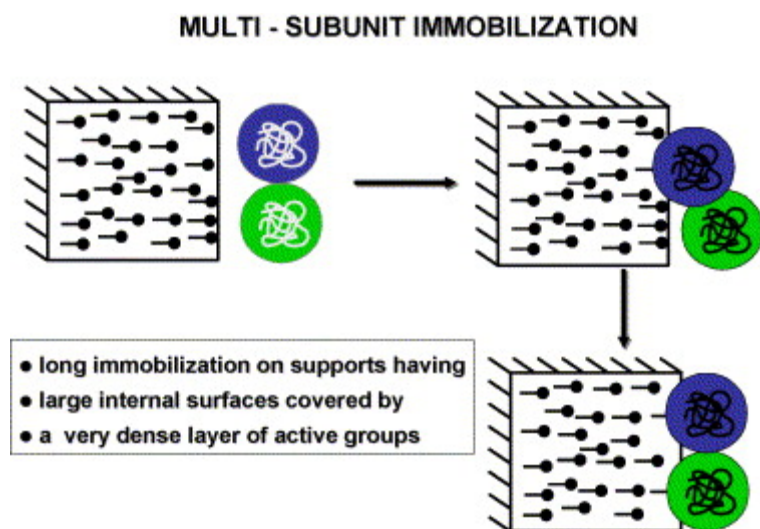


图 通过多亚基稳定技术实现二聚酶的稳定性

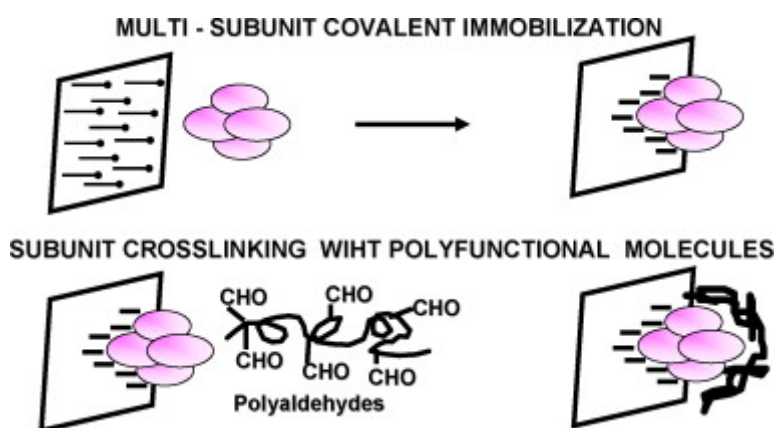


图 通过多亚基稳定化偶联多功能聚合物技术提高复杂多聚酶的稳定性

然而，如果酶结构更加复杂，很可能不能保证酶的所有亚基都与平面表面接触，在这种多亚基固定的情形下，可以将预先存在的固体载体与已经固定化的多功能聚

合物酶进行化学偶联，从而实现对所有亚基的固定化。

尽管现在还没有太多的例子，但是如果酶分子之间的反应引发固定化，如偶联的晶体酶（CLECs）、偶联的酶聚集体（CLEAs）等，这将是对多聚结构酶进行稳定的一个很好的选择。

4. 提高脂肪酶的活性

一个好的固定化策略能在酶固定化后保持高的催化活性，然而在某些时候，酶具有两种构象并具有完全不同的活性。最明显的一个例子就是脂肪酶，它有两种不同的构象，活性位点关闭型没有活性，反之活性位点开放型具有活性。在疏水滴的条件下，脂肪酶能牢固固定在疏水滴上，同时向开放型转变。

4.1 脂肪酶在疏水载体上的吸附

脂肪酶可以在很低的离子强度下吸附在疏水载体上，并且使疏水区域围绕着活性中心，从而实现脂肪酶活性的开放型稳定，同样条件下，其他酶无法被固定。Reetz也证明了把脂肪酶固定在疏水溶液-凝胶上的时候也可以获得更高的活性，然而，如果酶作用底物非常大或者是亲水的，疏水载体表面会产生一些空间障碍，从而降低脂肪酶的活性。

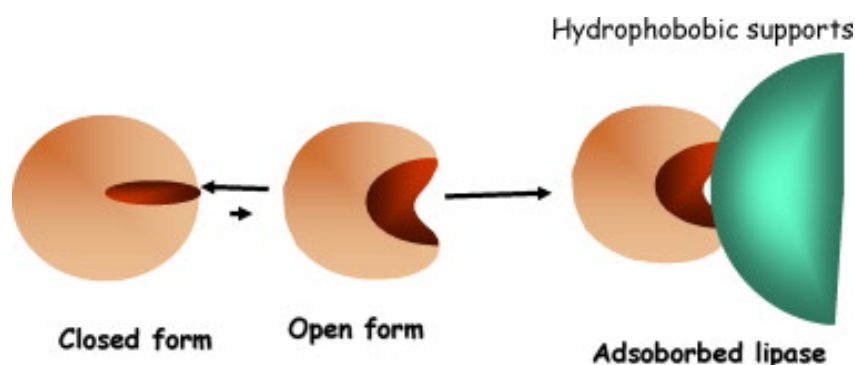


图 低离子强度下脂肪酶在疏水载体上的表面活化

4.2 在去垢剂存在条件下脂肪酶的固定

去垢剂可以使脂肪酶极度活跃，非常像是脂肪酶被稳定成开放型。因此，Braco和他的合作者们一起介绍了在有机溶剂媒介中去垢剂的存在对脂肪酶活性改进的情况，该想法也被很多作者采用，不幸的是，由于缺乏化学稳定性，这些聚集体只能在有机媒介中使用，在水溶液中聚集体就会分裂。近来，Sheldon和他的合作者们证实，对在去垢剂存在条件下脂肪酶 CLEAs 的制备加以改良可以增加脂肪酶的活性，他们的方法与偶联开放型的脂肪酶非常类似，这种被化学偶联的 CLEAs 可以用于任何反应媒介中，并且没有被分解的风险。

近来，有人发现了吸附于氨化载体上的脂肪酶开放型的稳定性，为了达到这个目标，已固定的不同来源脂肪酶被置于去垢剂环境中，然后尝试将位于载体和酶上

的氨基酸群与戊二醛进行偶联，结果表明这是一个获得更高脂肪酶催化活性的很好选择。此方法需要酶结构有足够的刚性，以避免称为 lid 的多肽链的异动。

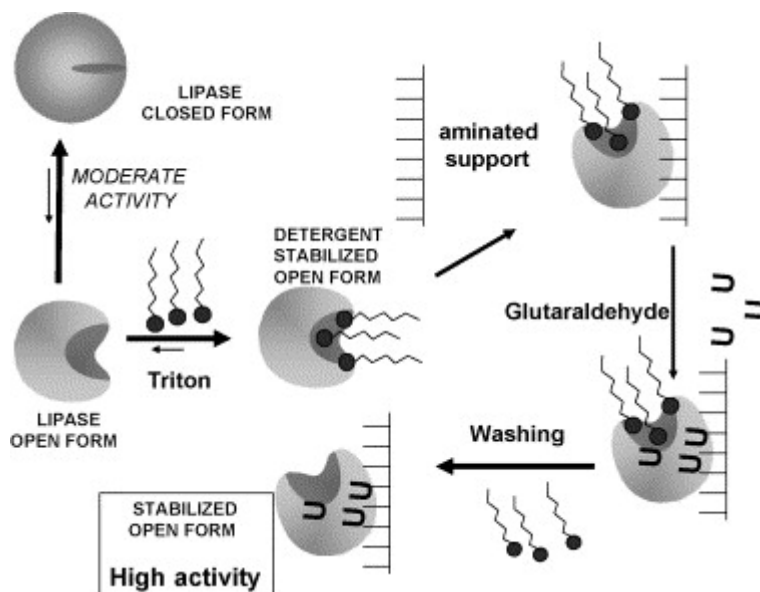


图 戊二醛偶联与去垢剂作用促使的脂肪酶开放型的稳定

如此，这些结果表明，其他拥有不同活性的不同构象的酶也可以通过“最活跃构象”而被固定，因此在极度活跃试剂存在的条件下获得极度活跃的生物催化剂。

关键一点是，固定化要能解决活性剂导致的构象变化。

5. 通过固定化技术调控酶的选择性

在众多增加酶选择性的技术中，蛋白质固定化技术是非常有用的一种。

蛋白质的固定化会使一些活性位点发生变形，降低整个酶组的灵活性，此外，在催化作用中发生构象变化的酶在固定时所发生的构象变化可能变形，从而导致固定化的酶具有完全改变的催化活性。

利用这种变形可能性的必要条件是能利用大量的载体来固定蛋白质，以及能保证控制固定化的大量固定化策略。这要允许蛋白质不同区域的固定，通过不同的方法给予酶不同的刚性和变形，在酶的周围产生带有不同物理特性的微环境，这样就可以获得一个大型的固定化酶库，这些酶也许具有差异很大的特性。

如上所述，在催化作用过程中，脂肪酶经历重大的构象改变，因此，这些酶被选来研究这种观点，实际上，在调控许多脂肪酶的光学异构选择性中，这种策略取得了较大成功。已有报道介绍，在同样的试验条件下，同样的脂肪酶固定在不同的载体上会得到完全不同的光学异构选择性。

在某些情况下，试验条件的变化，会得到完全对立的固定化结果；通过采用不同的固定化方法能获得两种纯净的异构体；同样的脂肪酶固定在相同载体上，条件相同的情况下，基于不同的固定条件得到完全不同的催化特性，这里需要固定化策

略能适合广泛的固定条件，在一定范围内，在固定化过程中能符合不同脂肪酶结构的需要。

方法学的进步能使我们在酶固定化过程中完全控制固定的方式、准确定位特定区域、得到期望的刚性、改进该技术调控酶特性的潜力。这样看来，这些方法还有艰难的、但令人激动的路要走。

所以，可控的酶固定化方法会是一种调控酶活性的非常有效和简捷的工具，在任何情况下，所有的技术都应是一致的，并且这种生物催化剂的组合制备技术应对工程蛋白质适用。

虽然是基于经验的，这种策略通过在不同条件下采用大量的不同载体固定的酶，能以一种快速的方式来找寻能够对手性化合物进行特殊分解的生物催化剂，且可能性较高。

6. 通过固定化技术降低抑制

酶作为工业催化剂的时候，底物、反应产物或者媒介成分都可能抑制酶的作用，有时会大大延长达到期望产率的反应时间，在一些极端情况下，反应会因热力学效率而停止。

在解决这些问题的技术中，固定化技术再一次被证明是一种非常有用的工具，固定化可以通过不同的机制减少抑制问题。

6.1 去除酶环境中的抑制剂

可以制造一种人工纳米环境，用聚合物完全把酶覆盖，该人工纳米环境能促进酶环境中疏水或亲水物质的分离。

共价固定的青霉素 G 酰化酶被亲水聚合物层覆盖，明显降低了有机溶液对它的抑制作用，其他成功的策略是酶与亲水聚合物共聚集或者陷入亲水珠体内，在所有情形下，在有机溶剂环境下一起带有更高的稳定性，有机溶剂带来的抑制性被大大降低。

6.2 通过抑制剂降低酶识别区域亲和性

特殊的抑制剂需要与酶结构的特殊区域相互作用来产生抑制作用，因此，固定化可以在两种情形下减少抑制作用。

第一种是，抑制剂是变构的，与蛋白质非活性中心相互作用，此时，酶的固定能扭曲或者阻碍这个区域，明显降低由这种试剂导致的抑制作用。

第二种是，抑制剂与酶的活性位点相互作用，此时，如果固定作用稍微扭曲酶活性中心，与底物作用区域相比，酶的抑制剂作用区域有时会高度变形，出现这种情况一般是因为底物较抑制剂要大的多，并且与更多数量的酶组反应。

同样，可以通过使用大量固定方法、固定酶的不同区域、控制强度从而方便地获得好的结果，这样就可以发现一个载体和策略来获得期望的作用结果。

7. 整合不同的技术来改进固定化酶的特性

有很多文章研究表明能直接改进酶的特性的方法很多，如酶的化学或遗传学修饰，筛选最适合的酶等。

近来出现了一些使用化学或遗传学修饰方法的新颖的、有前途的提议，这些方法并不是直接提高酶的功能特性，而是在固定化后改进酶的性能。由于现在我们只需增加酶表面的反应性，不必直接改变酶的稳定性，所以突变体的设计也变得简单了。一些酶表面的化学和遗传学氨化反应可以大大提高酶的多点共价接触，与本来固定的酶相比，这样可以增加固定化酶的稳定性。

同样，蛋白质表面的化学和遗传学修饰可以改进青霉素 G 酰化酶在阳离子和阴离子交换体上的可逆性吸附。

陈云伟 译自 Improvement of enzyme activity, stability and selectivity via immobilization techniques, *Enzyme and Microbial Technology*, Volume 40, Issue 6, 2 May 2007, Pages 1451-1463,

原文作者: Cesar Mateo 等, 检索日期: 2007 年 5 月 10 日

短 讯

科技政策与科研计划

Ashland 与 Cargill 公司合作建立生物基化学品生产中心

美国 Ashland 和 Cargill 公司已原则上同意建立一个新的合资企业来开发和生产生物基化学品。双方均意图使这个新的独立实体公司成为一个全球领先的供应商，供应由可再生能源生产的化学品。

Ashland 公司为了将来能够在生物精细化学产品的供应上占有一席之地，公司认为现在就必须开始培育研制生物基基础化学制剂。

合资企业的第一个产品将是丙二醇(PG)。合资企业将采用授权的专利技术，使用生物柴油生产过程中的副产品甘油为原料来生产高等级的丙二醇（目前丙二醇是由石油基中间产物环氧丙烷生产的）。

而公司的具体名字、相关负责人及发展计划将于 2007 年下半年公布，预计合资企业的初期投资将达到 8 千万到 1 亿美元。Ashland 和 Cargill 公司各占一半股权，两公司将为新公司投入生物加工的技术和专业知识和化学配方、供应链管理和市场分析等。合资企业预计将生产和销售生物基丙二醇，建造一个年产量为 65000 吨的工厂，工厂最终可能落户欧洲。

Ashland 公司副总裁兼首席发展官员 Walter Solomon 强调，化工市场已达到一个突破点，生物型或石油型产品的选择已经由市场和实际生产能力共同决定。

根据 Ashland 的市场顾问公司的调查，全球每年丙二醇的生产总量超过 1400 万吨，而且全球对丙二醇的需求还在以每年 3~7% 的速度增长。实验室研究表明，丙二醇特有的生产方式能够生产出高纯度的生物基丙二醇。在试验过程中，合资企业采用的加工工艺效率较高，与其它生产可再生丙二醇的方法比较产生的副产品较少。

王春明 译自 <http://www.renewableenergyaccess.com/rea/news/story?id=48446>

检索日期：2007 年 5 月 13 日

研究与开发

混合牧草生产乙醇效益更好

明尼苏达大学的研究人员发现，多种牧草混合作为原料比用单一类型原料生产乙醇能产生更好的效益。在今年 4 月 3 日，这一研究成果由该大学的研究人员 Jason Hill 博士在美国上院农业委员会的听证会上作了陈述。

Hill 博士与明尼苏达大学的其他研究人员已经在该领域从事了数十年的研究，他们将各种不同种类的牧草进行混合试验，以确定其中最适合于生产生物燃料的原料。试验中，他们将种植区划分为 168 块试验田，每块土地上随意种植 1 种、2 种、4 种、8 种、16 种当地牧草，而且这些土地都是较为贫瘠的农田。在种植期间，他们还每块试验田生物产量与其对应的土壤中存储的 CO₂ 含量进行了测量。

Hill 在听证会上还宣布了他们的研究发现：16 种当地牧草混合平均能产生比单一牧草（如柳枝稷）多 238% 的能源，而且还有其它优势，即混合种植的牧草可以从空气中吸收大量的 CO₂，并将其存储于土壤中，而单一牧草还未发现这一功能。

Hill 认为，能生产生物燃料的多种类牧草的混合种植所产生的环境效益是惊人的，因为在生物燃料的生产和使用过程中都可以减少大气 CO₂ 含量。而且，通过种植大豆类作物，其根的固氮作用还可将大气中的氮吸收并固定在土壤中，使得原本贫瘠的土壤也能更加肥沃。

所以对于农场主来说，牧草的优点是它可以在贫瘠的土壤或是有较高侵蚀性土壤里生长，可以节约更多的肥沃土地用于种植传统农业作物。一旦一个多样性牧草种植系统建立起来，农场主便可在随后的时间里花费比种植玉米或柳枝稷更少的金钱来进行生产。因为牧草只需种植一次，而且其维护不需要杀虫剂、除草剂，只需要在某些情况下使用很少量的肥料。

而对于生物燃料行业来说，即使是在一英亩贫瘠土壤中生长的牧草量所产生的生物燃料的净能量也与在同面积肥沃土壤中种植的玉米产生的生物燃料的净能量相当或是更多，这是因为生产牧草并将其转化为乙醇所需的化石燃料的能量与玉米相比更少。

所以应该可以说，混合牧草的种植可以为三方带来好处：环境、农业与生物燃

料行业。

高利丹 译自 <http://domesticfuel.com/?p=1892>,

http://www.farmandranchguide.com/articles/2007/04/13/ag_news/regional_news/region02.txt

检索日期：2007年5月10日

生物乙醇生产小型化突破

美国 EnerGenetics International 生物技术研究公司取得了一项技术突破，可以减小乙醇和生物丁醇的生产规模，并同时产生新的增值产品来降低生产成本。EnerGenetics International 公司总裁 Sammy Pierce 介绍了这项“微型生物精炼”（MBR）技术，他认为该技术将导致生物燃料工业的小型化，类似于“小型钢铁”厂在钢铁行业内引起的生产规模的小型化或者微型化啤酒酿制在酿造业中的大量应用。

Pierce 介绍了 MBR 是经济的可持续性技术，因为它们能从美国农业部开发的新品种杂交玉米中产生高附加值的食品和保健产品。这些新保健品的价值是目前乙醇生产厂产生的副产品——动物饲料的数百倍。在生物燃料生产过程中，通过生产这些高附加值的食品和保健品，这些粮食本身的食用价值在乙醇发酵过程中就不会损失，生物燃料如乙醇和生物丁醇的生产成本将大幅度降低。

美国农业部 18 年前研发的这些新的玉米杂交种具有许多特殊性状，如营养高、抗旱能力强、化肥需求低、能够抗玉米螟侵染等特点。这些新品种杂交玉米可生长在干旱贫瘠的土地上，Pierce 认为，这将使得玉米乙醇生产厂能够在整个美国而不是只在中西部进行推广。

其他的原料如食物残渣和甜高粱等也可以利用 MBR 进行生产，每英亩甜高粱的乙醇产量是玉米的三倍左右，每英亩预计乙醇产量为 3217.25 -3406.5 升，而每英亩玉米的乙醇产量为 1324.75 升。Pierce 认为，如果 MBR 在每个县都能够兴建，原料也容易从这些县获得，那么这些“微型生物精炼厂”能够极大地减少美国对石油的需求。我们可以建造数百个每个投资仅需 1-2 千万美元的微型生物精炼厂，而不再兴建每座需投资 1-3 亿美元的大型生物精炼厂。

王春明 译自 http://home.businesswire.com/portal/site/google/index.jsp?ndmViewId=news_view&newsId=20070502006210&newsLang=en

检索日期：2007年5月13日

植物预处理可提高乙醇产量

普度大学的研究人员 Mosier 和 Ladisch 发现，玉米秆在被加工成乙醇时，其中

的微粒发生了前所未有的结构变化，这一发现将有助于确定大规模生产乙醇的可行方法。

他们的研究论证了采用热水对玉米植物组织进行预处理，可使得乙醇的产量增加 3-4 倍。原理在于通过预处理可让植物细胞壁的气孔裸露出来，这增加了可参与额外反应的表面积，并使得细胞壁在反应中易于被打破。

在采用高分辨率的图像和化学分析手段进行分析之后，研究人员确定，预处理打开了玉米茎叶细胞的反应区域，而在此之前，玉米秆及叶子是被人忽略的原料。下一步处理工艺中，这些被放大的气孔更易受到酶的攻击，纤维素被转化成葡萄糖，随后被酵母发酵成乙醇。

目前，几乎所有的美国企业所生产的乙醇都是用玉米或甘蔗，这限制了美国的乙醇产品。而玉米还被用于生产甜料产品，动物饲料等，这项研究可使得企业寻求玉米以外的原料。

植物细胞壁坚硬的结构由各种聚合体组成，包括纤维素和半纤维素，它们可以被转化成糖，然后被制成乙醇。但是，纤维素和半纤维素被木质素等多种化合物胶合着，难以破坏。不过，研究人员发现，经过预处理后，细胞壁打开了其微小的气孔，酶不仅可以从细胞壁中移走更多的纤维素与半纤维素，还能加快反应速度。

关于该项研究的更进一步的信息发表在今年 4 月 26 日出版的《生物技术与生物工程》杂志上。

高利丹 译自 http://72.32.142.180/news_story.php?id=2473

检索日期：2007 年 5 月 11 日

版权及合理使用声明

本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。同时本快报支持用于个人学习、研究目的，不得对快报内容包含的版权提示信息进行删改，在合理使用范围内请注明信息来源。欢迎对本快报的意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

“科学研究动态监测系列快报”是由中国科学院国家科学图书馆编辑出版，由中国科学院规划战略局等中科院的相关职能局和专业局支持指导的信息报道类刊物，于2004年12月正式启动。目标是瞄准基础科学、资源环境科学、生命科学和战略高技术等科学领域，针对中国科学院1+10科技创新基地，以及重大的科技政策、科技发展战略、科技预测、科技规划、科研计划与项目、重大科研成果等进行持续跟踪和快速报道，送院领导、规划战略局、综合计划局、各专业局和其他相关局，并送相关研究所和有关科技机构。每月1日和15日出版。

本系列快报共分12个专辑，分别为由中国科学院国家科学图书馆承担的交叉前沿·大装置·空间科技专辑、纳米观察专辑、现代农业科技专辑、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；由成都分馆承担的先进工业生物科技专辑、信息科技专辑；由武汉分馆承担的先进能源科技专辑、生物安全专辑、先进制造与新材料科技专辑；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（100080）

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