



随着石油价格飞涨，中东石油生产国之间的战争，生物燃料逐渐成为人们青睐的石油替代品。但是它真的能使我们完全脱离石油吗？它们在价格上如何与传统的燃料竞争？它们会引起何种环境效应？为此，明尼苏达大学的学者们做了广泛的研究。

当今，在美国玉米提取的乙醇和大豆提取的生物柴油是两大主要的交通替代燃料。它们都能以混合物的形式用于常见的汽车和卡车引擎。生物柴油也能单独使用（B100）。全国的批发和零售点都能看到它们很好的销售额。然而，它们的生产均要消耗巨大的能量，都对环境有影响，而且还要从国家的粮食供给中拨出玉米和大豆。能源平衡和环境影响到底是什么，这些燃料是否应该鼓励使用，这些已经成为科学家、决策者和公众争论的热点话题。

明尼苏达大学的学者和St. Olaf学院的生态学教授

制造它所需的能量多25%，生物柴油产生的能量比制造的多93%。同时，研究表明乙醇的净能源差额呈正值在很大程度上归因于DDGS的能源补偿，而非乙醇本身。合著者Jason Hill解释说：“在我们的论文中，提供了DDGS的能源补偿，主要是因为这种产品在某些方面可以替代其他产品的生产，如玉米、大豆。譬如在市场上替代了玉米和大豆的结合物。”

“玉米提取的乙醇的NEB值低是因为需要较多的能量生产玉米以及将玉米转变成乙醇”，作者写道，“另一方面，大豆提取的生物柴油需要更少的能量将生物体转变为生物燃料。因为大豆可产生长链的甘油三酯，易于从种子中榨取出。”

研究指出用于制造生物燃料的玉米和大豆的培植会产生负面的环境效应，增加了农药以及肥料中的氮、磷向地表水、地面水和海洋的渗出。与大豆的生产相比，

生物燃料战场

G. David Tilman希望通过完整分析这些生物燃料的整个生命周期来平息这场争论。他们发表在2006年7月25日的《美国国家科学院学报》（*Proceedings of the National Academy of Sciences*）上的研究结果显示，可替代燃料必须满足以下四个标准：和化石燃料相比有更优越的环境效益；经济上更有竞争力；有充足的生产量以满足能源需求；以及能提供超过燃料来源的能量净增值。

比较：研究发现

作者通过分析农产品、日用品和燃料价格，农业使用能源和化学品、农作物生产效率、副产品生产（如被称为蒸馏干燥的可溶性动物饲料，DDGS）、温室气体排放和其他环境效应的公共数据来进行研究。作者制定的能源投入的范围高于其他的研究，例如，制造耕种玉米和大豆的机器所需的能源。

分析表明玉米提取的乙醇和大豆提取的生物柴油的净能源差额（net energy balance, NEB）为正值，乙醇为25%，生物柴油为93%。也就是说，乙醇产生的能量比

玉米涉及到更大程度上氮、磷和农药的释放。而且，玉米生产中使用的农药比用于大豆生产更易引起持久性的环境污染。

与石油相比，在空气污染物和温室气体的排放方面，乙醇比生物柴油效果更差。研究发现和传统燃料相比，生物柴油能够降低41%的CO₂排放量，而和汽油相比，乙醇仅能达到12%的降低量。

乙醇作为一种氧化剂的使用一直以来被用于降低空气污染，研究发现10%的乙醇代替甲基叔丁基醚（MTBE）作为添加剂能降低CO、挥发性有机物和可吸入颗粒物的释放。然而，加上生产、运输、玉米转变为乙醇过程的排放，普及的E85燃料（含85%乙醇和15%汽油）会使这三种污染物以及硫氧化物、氮氧化物出现更长的生命周期。

相反地，柴油中混有低浓度的生物柴油能降低燃烧中挥发性有机物、CO、颗粒物和硫氧化物的排放。此外，和纯柴油相比，生物柴油混合物在整个生命周期中都能降低CO、颗粒物和硫氧化物的排放。



谁是赢家？相比较乙醇和生物柴油二者的环境和经济效益，后者有微弱优势。然而，二者都无法完全解决国家的能源问题。

作者陈述到，在2005年，即此项研究开始时，如果没有补贴的话，没有一种生物燃料在成本上能与石油燃料竞争。（联邦政府给每升能当量的乙醇提供20美分的补贴，给每能当量升的生物柴油补贴29美分）。根据文献，玉米转变成每能当量升的乙醇需要消耗46美分，而生产1L汽油平均需要消耗44美分。大豆转变成每能当量升的柴油需要消耗55美分，而生产1L柴油的平均消耗为46美分。根据合著者Erik Nelson所说，生产价格上涨是由于报纸上公布了各燃料的能耗，与每升汽油45美分和每升柴油53美分相比，每能当量升的乙醇为63美分，每能当量升的生物柴油为82美分。

研究也分析了玉米和大豆满足美国运输能源的潜能。人们发现如果将美国2005年生产的所有玉米和大豆转变为乙醇和生物柴油，也只能分别抵消12%的汽油和6%的柴油需求。由于化石燃料的使用量的增长需要有相应数量的生物燃料，因此乙醇和生物柴油所得的NEB分别降到2.4%和2.9%。

研究者们总结，虽然大豆提取的生物柴油在多方面优于玉米提取的乙醇，但是在不影响食物供给的条件下，它们并不能显著降低我们对石油的依赖。然而，这项报告呼吁发展以非食物性农作物为基础的生物燃料，如野草、木本植物，将其转变为人工合成的碳水化合物和纤维素乙醇。

现场的反应

明尼苏达州污染控制局的科学家Peter Ciborowski指出，尽管已有数项关于乙醇成本效益的研究，但明尼苏达州的研究对于生物柴油对环境的影响是重要的新信息。Ciborowski同样指出玉米提取的乙醇仅能满足12%的美国运输燃料的需求，仅能产生2.4%的能量净增值。“以玉米产生乙醇作为生物燃料，从能源安全的角度对国家的决策意义重大：简单的数目并不能说明问题”，他说，“这意味着那些石油供给量有限的国家可以使用代替MTBE的氧化剂或使用乙醇汽油混合物（10~20%的乙醇混合80~90%的汽油）。”

其他人对此的反应并不积极。美国国家玉米栽培者协会对玉米提取乙醇的NEB研究提出异议。引用USDA 2004年《2001年玉米-乙醇的净能源差额》（*The 2001 Net Energy Balance of Corn-Ethanol*）一文，该协会指出玉米提取的乙醇有67%的NEB，而不是25%。Hill回应说虽然他的研究团队采用了USDA的评价报告，但补充的其它方面资料使其在计算上更加精确。

这个小组也批评了增加用来生产乙醇的玉米产量会造成环境的负面效应的假说。“数据很清楚地支持我们的结论，即使玉米的生产量增加，化学物的使用量并不会以任何的形式增加”，国家玉米栽培者协会的商业发展主任Geoff Cooper说，“那是因为引进新型抗虫除草特性的

玉米能降低化学物的用量。”

负责当地能源开采和经营的Local Self-Reliance（一个非盈利机构）的副总裁David Morris并没有质疑此项报告的主要发现，但他质疑他们的重要性。“它主要的发现既不新颖也不具备争议性”，Morris说，“大豆来源的柴油的能量净值高于玉米来源的乙醇，而纤维素类产品更优于二者。”

所有的咨询小组都赞同生物燃料的将来都倚仗于将非食物性的纤维素类物质转变为燃料的能力。2006年12月8日发表在《科学》（*Science*）杂志上的跟踪研究，Tilman、Hill和明尼苏达大学的学者Clarence Lehman继续了此项研究，确定低投入、多样性的天然草本植物，它们比玉米、大豆转换的乙醇、生物柴油能提供更多可用的能量，释放更少的温室气体，产生更少的农业化学污染。该研究认为这些低投入、多样性的生物燃料能生长在劣质的土壤中，不会影响作物生产，也不会破坏栖息地而引起生物多样性的减少。

“生产用于交通运输的生物燃料已经成为一项新兴产业”，Tilman说，“玉米来源的乙醇和大豆来源的柴油是成功的第一代生物燃料。下一步是种植生物燃料庄稼，投入少量的化学物和能量得到更多能量和环境的回报。”

—John Manuel

译自 EHP 115:A92-A95 (2007)