

## 谷物乙醇计划唤起对死亡区域的关注

2007年的能源独立及安全法案要求到2022年生产360亿加仑再生燃料，包括谷物类乙醇150亿加仑，这是目前产量的3倍，需求的谷物的产量也要相应增加。然而科学家们逐渐认识到，生物燃料除了最初被认为可造成气候变化和依赖外来石油的问题，还可造成他们自身的环境问题。其中一个问题就是当农场主们匆忙地为满足生产乙醇的要求而种植更多的谷物时，氮的径流增加了。根据国家谷物生产者协会的资料，谷物价格的上涨促使农场主们2007年种植谷物的面积达到9290万英亩，比前一年增加了19%。

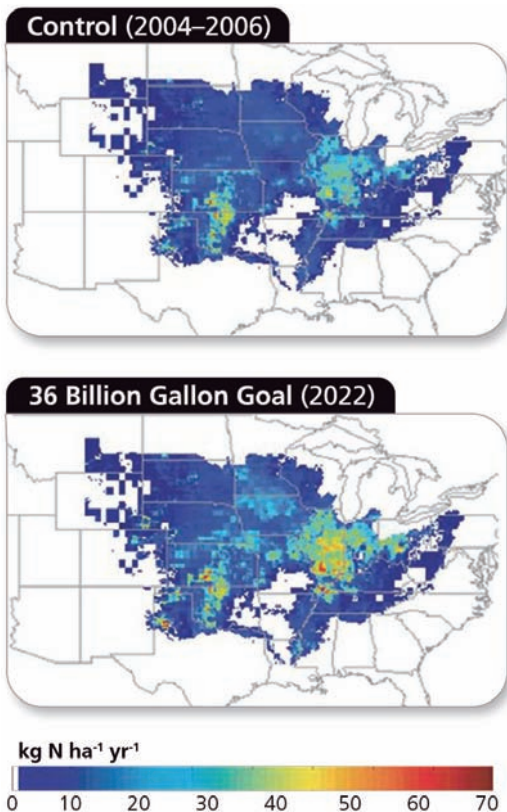
伊利诺伊大学阿巴纳香槟分校农作物

生理学教授Fred Below解释到，与其他农作物相比，由于谷类的单位面积谷物产量比其他农作物要高，因此需要更多的氮类肥料。“而且”他说，“不同于其他农作物例如大豆，能与土壤中的细菌达成共生关系，利用他们从大气中获得所需的一部分氮，谷类完全依赖于从土壤中获得所需的氮。”需要用肥料补充大自然中的氮以满足谷类生长的需求。

肥料提供的氮并不滞留在谷类田地里，而是通过溪流和江河进入密西西比河，最终进入墨西哥湾。一旦发生这样的情况，过度的氮类肥料会造成藻类的疯长。当藻类死去后，细菌分解藻类时消耗

了水中大量的氧。这被称为死亡地域，大概有新泽西州这么大的区域被消耗光了氧，水中的鱼类、贝类及其他水生生物都无法存活。生物燃料的旺盛生产“对墨西哥湾而言是一场灾难。”不列颠哥伦比亚大学地理学副教授西蒙·多纳（Simon Donner）说道。“氮已经是个大问题，新的能源政策使它变得更糟。”

Donner和威斯康辛大学麦迪逊分校的科学家Chris Kucharik最先在谷物乙醇如何对墨西哥湾产生影响方面进行了量化。他们建立了模型，将田地的使用与氮循环相联系。发表在2008年3月18日《国家科学院学报》（*Proceedings of the National*



2004至2006年及2022年美国根据能源独立及安全法案计划生产360亿加仑可再生燃料（包括150亿加仑谷物乙醇）后生产谷物的模拟氮负荷量。

来源：Donner and Kucharik. Proc Natl Acad Sci USA 105:4513-4518 (2008).



通过将氮添加到河流中（图片中的地点是北卡罗莱纳州西部的科维塔（Coweeta试验林场），能使研究者调查农业径流是如何从农田中进入墨西哥湾的。

Photo: Jack Webster

Academy of Sciences) 上的结果显示, 如果要达到生产150亿加仑谷物乙醇的目标, 死亡区域的氮负荷量会上升10~18%。这将使水中的氮水平达到墨西哥水质营养计划组织密西西比盆地/海湾项目推荐的氮水平的两倍, 这一组织联合了联邦、州及地区的相关部门从1997年开始对死亡区域进行监测。该组织指出, 如果要缩减死亡区域的面积, 需要减少30%的氮径流。

河流作为天然的过滤器可防止硝酸盐污染近岸海水。河流底泥中的细菌通过脱氮作用移除氮元素, 这种过程可将硝酸盐转化为无害的氮气, 使之从水中扩散到大气中。然而, 河流中来自城市和农田的氮径流的增加会压制河流的这种作用, “这使河流的效率变得非常低下, 无法进行我们期望的生态作用。” 欧克瑞吉国家实验室水体生态学家Patrick Mulholland如此说道。

Mulholland协调着一个由31名生态学家组成的队伍, 对美国8个区域的72条河流进行监测。这些河流接受来自农田和城区的径流, 例如高尔夫球场及居住区或野生植被。这支队伍将小量的<sup>15</sup>N, 一种安全的氮同位素, 注入水中以跟踪当小河流汇入大河流时氮的迁移变化。

尽管随着硝酸盐浓度的增加, 脱氮作用的速率会上升, 但这一过程的效率会变得低下, 含高浓度硝酸盐的河流中只有一小部分的硝酸盐能被移除。“人类轻易就能使河网的负荷过载, 因此只能从整个系统中移除一小部分的硝酸盐。” Mulholland说道。这个研究小组在2008年3月13日的《自然》(Nature) 杂志上发表了他们的研究结果。

许多科学家建议将谷物田转为生产需要很少肥料甚至不需要肥料的其他原料, 例如柳枝稷草。其前景无可怀疑, 柳枝稷草已经在第一次大范围农作物种植试验中体现了它的经济价值, 这一结果发

表在2008年1月15日的《国家科学院学报》(Proceedings of the National Academy of Sciences) 上。内布拉斯加及达科他地区的10位农场主记录了5年时间里15~20英亩左右大小的柳枝稷草试验田中消耗的燃料、肥料、除草剂以及柳枝稷草的产量。植物遗传学家Kenneth Vogel及其在内布拉斯加大学林肯分校的美国农业部(USDA) 农业研究机构的同事们将这些数据放入由加利福尼亚大学伯克利分校开发的生物燃料“Meta模型” 中进行分析, 并在2006年1月27日的《科学》(Science) 杂志上发表了分析结果。他们计算出3~5英尺高的柳枝稷草所产生的可再生的能量, 是将柳枝稷草种植、收获并加工处理成乙醇所需能量的540%。柳枝稷草的平均生物能量相当于每英亩生产320加仑乙醇, 与相同面积的谷物近似。而且他们还发现, 柳枝稷草制造的乙醇燃烧时的温室气体排放量只有石油燃烧时温室气体排放量的94%。

这一基线调查“清楚地表明, 柳枝稷草的生物能源非常纯粹并值得肯定, 作为在农田边际种植的生物能源植物很有前途。” Vogel说道。此外, 柳枝稷草制造乙醇后剩下的残渣可作为生物精炼厂的燃料, 而谷物精炼厂只能燃烧天然气或其他化石燃料。Vogel说到USDA的研究者们正培育新型的特别针对生物能源的柳枝稷草物种, 能长到8英尺高, 每英亩能产生更多的生物能量。

这种推广使用可替代的原料例如柳枝稷草、玉米杆、废木料的现象依赖于新型酶类的发现, 这类酶可以在纤维质原料中降解木聚糖、纤维素和木质素。作为木质纤维素, 这三种成分使植物坚韧并能抵抗已知酶类的降解。

白蚁能快速地消化木头。这些昆虫具有能将木质纤维素转变为自身生物能量的详细机制, 加利福尼亚科技学会环境微生物

学副教授, 研究协调人Jared Leadbetter如此说道。一个半公半私的组织正在对生活白蚁尾肠部位的微生物进行测序, 以发现白蚁如何具有这种消化木头的能力。

两种细菌在白蚁的尾肠部位占有优势——能发酵糖类的treponomes菌, 专门破坏木质纤维素的丝状杆菌。目前已鉴定出几百个与消化木质纤维素有关的酶的基因。有支研究队伍在2007年11月22日的《自然》杂志上发表了上述研究结果, 目前他们正在实验室中培育这些细菌, 试图优化酶的特征及降解木质纤维素的相关途径。

细菌还能制造另一种可替代燃料——氢, 一种可再生的、高效而清洁的能源, 能为燃料电池提供能量。大肠埃希氏菌, 其更为知名的能力是引起食物中毒, 当用葡萄糖和甲酸盐培育时能产生氢。葡萄糖和甲酸盐是甜菜根加工厂及酿酒厂废水中的常见成分。为了控制这种潜在的燃料来源, 德克萨斯A&M大学的化学工程师Thomas Wood通过在细菌关键代谢通路上进行基因突变, 加速氢的生成。一种修饰过的大肠埃希氏菌种用葡萄糖培育后能比父代多产生5倍的氢, 另一消耗甲酸盐的菌种能多产生141倍的氢, 这些结果已发表在2008年1月的《微生物生物科技》(Microbial Biotechnology) 杂志上。

尽管乙醇的生产是将生物能量转变为糖类, “我们想获得那些糖类并将它转变为氢。” Wood说道。他设想将各种细菌混合并添加到废水中, 消耗各种糖类产生氢。最后他说, 家庭中也能配备250加仑的生物反应堆(尺寸和家庭加热油箱差不多), 将含糖废物当即转变为氢提供给各类电器、照明灯及电脑。“开发各类能源是当今十分令人振奋的事情,” Wood说道, “但是我们必须在不危害环境的前提下进行。”

—Carol Potera

译自 EHP 116:A242–A243 (2008)