

秦草与碳中和

孙宏义

国际和国内，碳中和战略将影响生活的方方面面。

“碳中和”就是 CO_2 的排放与吸收，这两件事相互抵消，最后实现 CO_2 的零排放。仔细考察一下，生活的改善与能源有关，绝大多数能源都会增加碳排放。

查里斯·大卫·基林 (Charles David Keeling) 在位于美国夏威夷岛名为莫纳罗亚山的活火山上开展的大气 CO_2 含量观测 (图 1)，提供了最为关键和令人信服的证据。这位受到全球学者爱戴的严谨的美国科学家已经离开我们近 10 年，然而，被称为现代气候变化科学先驱的基林开拓的观测和分析还在延续。

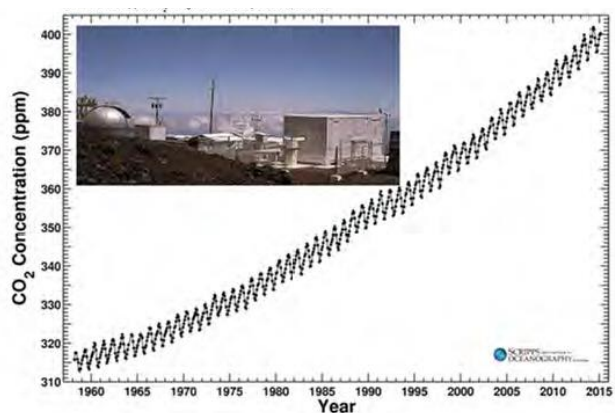


图 1 2015 年 4 月更新的基林曲线，图中照片为莫纳罗亚山观测站

碳中和的计算基准。碳排放量是指在生产、运输、使用及回收该产品时所产生的平均温室气体排放量。标准煤，热值为 7000 千卡/千克（29307 千焦/千克，即 ）的煤炭。由于煤炭、石油、天然气、电力及其他能源的发热量不同，为了使它们能够进行比较，以便计算、考察国民经济各部门的能源消费量及其利用效果，通常采用标准煤这一标准折算单位（表 1）。

表 1 标准煤折算其它能源单位基准

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20908kJ/kg（5000kcal/kg）	0.7143kgce/kg
汽油	43070kJ/kg（10300kcal/kg）	1.4714kgce/kg
柴油	42652kJ/kg（10200kcal/kg）	1.4571kgce/kg
原油	41816kJ/kg（10000kcal/kg）	1.4286kgce/kg

植物碳汇可以帮助人类将大气中的 CO_2 “拉回”地下。然而，自由生长的植物并非天生为固碳而生。因此，植物固碳也面临诸多难题。在这些难题中，有三个最为关键。首先，植物光合作用通过自然光驱动 CO_2 固定，效率很低，对太阳辐射的利用只有 1%左右。第二，植物储碳的器官还不够大，储存的碳有限。第三，植物的组成成分容易降解，这等于又把 CO_2 释放出来，这使得它保存 CO_2 的时间相当短暂。

植物的光合作用有多种类型，其中碳三（C3）、碳四（C4）是最常见的两种模式。

C3 植物，是指 CO_2 在植物光合细胞中被固定后，通过化学反应产生的有机物分子具有 3 个碳原子，其最大理论光能利用率约为 4.6%。常见的 C3 植物包括水稻、大豆、油菜、小麦，以及几乎所有的乔木。

C4 植物是指 CO_2 在植物光合细胞中产生的有机物分子具有 4 个碳原子，其最大理论光能利用率可达 6%。常见的 C4 植物包括玉米、高粱、甘蔗、苋菜等。

这样，C4 植物比 C3 植物的光能利用效率高 30%左右。科学家通过研究发现，C3 植物之所以光能利用率低，是因为其细胞中的 CO_2 浓度偏低，因此很难“抓住” CO_2 分子参与光合作用。而 C4 植物体内有一个“泵”，能够大幅提高光合细胞中的 CO_2 分子浓度。为此，植物学家试图通过基因工程的方法把 C4 植物的这个“泵”安装到 C3 植物中，以提高 C3 植物的光合作用效率。

虽然植物全身都可以储碳，但自然进化而来的植物

器官几乎没有一个专门为储碳而生。为此，科学家希望能对植物进行改造，使其某些器官特别有利于储碳。由于可以将碳转入土壤中封存，植物的根系是首先被考虑用于改造的储碳器官。在利用根部固碳方面，多年生植物要比一年生植物效率更高。美国劳伦斯伯克利国家实验室的科学家克里斯特尔·简森解释，这是因为一年生植物在生产种子和枝叶上消耗了太多的能源，而多年生植物则有更加发达的根部系统，以满足生存需求。从根系深度来看，如果可以让植物的根系体积变得更大、更加粗壮，并能深入土壤至两三米，甚至更深，那么通过光合作用被固定下来的 CO_2 也就能随着植物的根系被埋入土壤深处。



图 2 秦草科研基地碳汇场

秦草科研基地碳中和估算（图 2）：

秦草科研基地以观赏草为主，对比草原的碳汇计算

是合理的。以碳汇基础价 50 元/吨为准，依据 2016 年锡林郭勒草原植被总固碳量(0-50 cm)为 41.48 Tg C，平均碳密度为 206.78 g C·m²；碳增汇潜力为 34.60 Tg C，平均碳增汇潜力密度为 180.74 g C·m²。据此计算，秦草科研基地 20 万 m²（300 亩）类草地，每年产生产生碳汇 206.78 g C·m²×20 万 m²=4135.6 万 g，约为 4 万吨碳汇，产值 4 万×50 元/吨=200 万元。10 年碳汇产值 2000 万元。

（2023-05-02）