

新绿洲——沙产业的建设基地

New Oasis —— The Construction Base of Deserticulture

田裕钊

(中国科学院自然资源综合考察委员会 北京 100101)

绿洲(拉丁语 oasis, 源于希腊文, 起初为利比亚沙漠中几个居民点的名称, 后演化成有特定含义的术语)是指荒漠、半荒漠地区生长着高大树木、灌丛又有草本植被的那些地块, 有天然的和人工的。它的出现和存在是因为有特殊的水源条件: 山麓地带洪积扇前缘地下水溢出带; 泉水露头区; 河流岸边或湖泊周围的周期性漫流等等, 或者人为开辟的引水或抽水水源。绿洲多半是荒漠中人口最稠密的地区, 如撒哈拉沙漠中 2/3 的人在绿洲中定居。我国内蒙古西部到新疆的天山南北大片现存绿洲始终都是最有生产保障能力的沃土。

古老的绿洲都与节水、惜水的传统观念和精巧技术相联系, 著名的坎儿井、水窖, 在荒漠区均已延续了几千年。虽然大部分已被现代人弃用, 但依然是人类文明的见证。

近一个世纪以来, 随着人口的快速增长和技术手段的进步, 人工绿洲面积的增加很快。但人工绿洲建成后往往出现不期而至的失算。如上游得利却下游失益; 人工绿洲扩大, 天然植被却萎缩; 地上大水漫灌及强度蒸发, 地下水却日益下降; 今天的灌溉, 却为明天的土地积累着盐分。这些本世纪来层出不穷的生态灾难, 值得人们用反思的态度加以认识, 以期找出克服的办法。用钱学森教授的“沙产业理论”为指导建设新绿洲, 看来是有效的出路。

一、当代的新绿洲

1. 建设新绿洲的关键因素, 是充分利用沙漠戈壁地区农业自然要素中最充沛的、取之不尽用之不竭的阳光

“沙产业理论”把沙漠戈壁看做是一种天赋的资源, 阳光是这个地理单元上最珍贵的能源。太阳中心温度 1 500 万度, 表面温度 6 000 度, 通过辐射把辐射能传送到地球表面。太阳的光和热是地球上人类生存和活动的源泉。

我国国土上太阳能辐射量每年大致在 80~200

千卡/平方厘米之间。沙漠戈壁, 即内蒙西部、宁夏北部、甘肃西北部、新疆东南部是全国高辐射地区, 都在每年 140 千卡/平方厘米以上, 有的高达 170 千卡/平方厘米, 如河西走廊地区, 就比同纬度的北京高出许多。

有人做过粗略的估算, 沙漠中一平方米一天获得的辐射能量相当于半公升汽油或一公斤原煤。但如此巨大的阳光能量, 时至今日人们却很少加以利用, 这是因日照辐射能的特点引起的。

首先, 它在单位面积上的强度不高。人工的太阳能利用装置如果不充分考虑这一特点, 往往会得不偿失。

第二是能量辐射的不恒定性。一年四季之内, 一天之间的昼夜、早午晚, 由于地球公转和自转, 导致太阳高度角的日变化, 单位面积上获得的太阳能辐射量时多时少, 极不恒定。云层的出没, 也影响地面辐射接受量。但是, 阳光辐射的变化又是有规律的。阳光和温度相匹配的变化, 对某一地区而言, 其数量值和变动的轨迹, 都是容易预知的。

第三, 太阳能是不同波长辐射的总和。辐射到地球表面的阳光, 由可见光(波长在 0.4~0.76 微米之间)和肉眼无法看见的紫外线(波长小于 0.4 微米)、红外线(波长大于 0.76 微米)组成。可见光约占一半。

在掌握了阳光的这些特点之后, 人们就可以应用现代技术的强大手段, 构想利用沙漠阳光资源的科学方案。

2. 沙漠天然生态系统净初始生产力低下, 传统型农业生产水平很低, 必须把植物光合作用做为利用沙漠中充沛阳光的手段

由于植物的光合作用, 地球上每年利用阳光生产 1 000 亿吨有机碳。沙产业理论正是在充分认识了绿色植物种类的多样性、灵巧的自我调适本能以及再生和自我复制的诸多优势后, 把植物光合作用做为利用沙漠中充沛阳光的手段。

沙漠的自然地理特点, 包含了以光合作用为太

阳能转化器的农业型产业发展的限制要素。这些限制因子是：干旱的气候、盛夏的高气温、地面大部为流动性沙丘所覆盖。而且，这种不稳定的地表在全年的大部分时间是干燥的；稳定的地表，则大多含有盐分。

极端严酷的生态环境，决定了这个区域的天然植被是稀疏的，相对而言，生产力低下。单位时间内（年）、单位面积（1 平方米）上的植物，通过光合作用固定的净能量并转化为原生质（克）干物质，定义为净初始生产力（克/平方米/年）。经研究证明，沙漠中的灌丛，其净初始生产力平均为 70，变化的幅度在 10~250 之间。有不少高于这个数值的报导，那主要是隐域环境形成的局部条件改善的结果。由于沙漠中天然生态系统净初始生产力的低下，决定了这里的农业型产业停留在较低水平上。

例如卡拉库姆、克孜尔库姆两大沙漠有天然荒漠草场 1.8 亿公顷，共放牧卡拉库尔羊 1 700 万只，平均约 10 公顷的荒漠草场上仅养活 1 只羊。

人工生态系统，尤其是水浇地上的种植业，同化光能的效率就比天然草场高。但大田作物对阳光的利用率也很不充分，一般情况下仅 1% 左右。气温的四季变化造成了植物生产的季节性，这种“节气”的周期性也限制着光合潜力的充分发挥。

因为生物生产的最终产品量是由生长发育的全生长周期状况决定的，干旱、半干旱地区反常的、难以预料和控制的自然条件的突变，往往为生长周期几十天到 100 多天的传统农业生产的稳定收成带来灾害；又因为植物生长基本上服从于最小因素律，即生物的生产量受最差条件的满足程度所制约。所以满足程度最差的因素成为主导限制因子，它的状况不加改善，其他生态因子的优势都不会产生增产的效果，局限于自然条件上的传统农业型生产也就不会造就革命性的产量飞跃。

3、用人工设施改善植物光合作用的条件，是目前提高沙漠太阳能利用率的最有效手段

随着科学技术手段的进步，人工控制光合作用的植物生产，正在飞速发展。无土栽培的温室作业，也不再是科学家的试验项目，已被广泛应用，日益改进，并取得显著的经济效益。这种系统的进一步完善，将会发展成为一种沙漠环境中高投入高产出的新型产业，并将开创一种人类在极端严酷环境中的生存方式：巧妙地利用现代技术固定光能，创造生活资料。

温室作业能从根本上改变原本的土壤条件，用沙、沙砾、客土或水培、营养容器等，为植物的丰产、高产、稳产，构筑良好的基质；并用可控的灌溉、施肥、喷雾，保障植物生长的必要的元素供应。温室技术能创造植物生长的理想土壤湿度。利用管道浸润、滴灌、大棚内薄膜覆盖，以及通风降温增湿等，

使植物生产连续进行，不再受天然降水的限制，从而也最有效地、最节省地利用水资源。用人工控制环境条件的温室作业，人工调适的水热环境取代变幻不定的天然条件，就从根本上摆脱了传统农业型产业依赖自然环境所面临的风险。知识密集型沙产业的实质，在于利用现代化的技术手段，对光合作用要素实行系统的、有效的调控。这种知识密集型的作业方式的广泛发展，将以迂回的方法，大大减轻广大土地上的人、畜压力，使大地获得时机得以养息。

地处苏联最大沙漠的乌兹别克和土库曼，利用玻璃温室和简易的沟状栽植法生产的柠檬，已经批量上市。正在建立一批面积为 20~25 公顷的温室综合体，拟将乌斯秋尔特多石高原，变成亚热带水果生产区。

以色列的内格夫沙漠中，天然植被的净初始生产力为 4 克/平方米/年，遇到降水好的年份可达 20 克/平方米/年；而农业种植用地转化太阳能的效率要高 100 倍。但是，发展沙漠种植产业受到水资源不足的制约。以色列依靠知识密集的优势，在沙漠地区建立温室、塑料大棚，采用先进的滴灌法，利用微咸水和污水，并应用生物技术，培育生产了大量的优质蔬菜和水果，批量出口欧洲，成为欧洲的“冬季厨房”。

温室技术的优化，有广阔的前景。例如，为更限度地利用阳光，瑞典一家公司研究出一种旋转式温室，这种温室由两个可以转动的大型圆筒构成；美国的阿利桑那环境实验室将数种作物在同一温室中分层种植，室内的水池中还可以养鱼，在斜面上种植的蔬菜，比平面种植增产一倍。又例如，为了发挥沙漠地区的优势，温室技术可以与太阳能、风能的开发结合。因为在北方地区，不仅可以利用太阳能增温，而且在夏季，温室的降温也可以利用太阳能。美国、以色列、阿拉伯联合酋长国等，在高温干燥地区，都应用水的蒸发潜热降温。

制定出适合于沙漠自然条件下，针对不同光合作用类型作物的一种技术上简化、类别上优选、效益上合理的温室大棚实用技术规范，用来指导生产用户，是迫切需要的。温室技术在沙产业中的发展，可以有不同的目标。例如，为单项的专业化生产，甚至是某一品种的生产，设计高效的温室。农业型生产中循环产生的废弃物，可能开展多层次利用，发展建立在扩大食物链基础上的生态农业模式，包括把沼气池、水产养殖、真菌和藻类的培养以及传统的大田作业拼接为一。针对不同的目的，还可以把温室技术发展成为各具特色的类型并加以优化，例如，为水源缺乏的地区设计节水型，在大沙漠的中心为保障自身的供给设计生产基地型等等。一种温室装配单元的工厂化生产，将会使基建的成本降低

和便于维修、更换部件

温室技术在我国有丰富的传统经验;现代温室技术和土地覆膜正在我国以很快的速度推广,北方温室菜田无土栽培中的技术环节,如营养液的配制已获得成功,无土栽培在河西张掖等地的实践标志着其已进入实用阶段。

温室技术的开拓和推广,不但将更为合理充分地利用水资源,还将引起农业型生产的革命性变革,并向商品输出型转化。我国西北劳动人民有传统的勤劳美德和精巧细致的农艺技术,一旦打破了天然季节和自然地带性对光合作用的限制,将爆发出极大的生产潜力。一系列的新品种将随之推广,生产周期将会缩短,传统的作物和瓜果蔬菜品种将根据国内外市场的需求迅速更迭,换汇的农产品,将由于温室的大量推广而引进,在西北的乱石戈壁和沙丘地上发展起来。我们可以乐观地期望,知识密集型的沙产业新绿洲将会开创绿洲历史的新纪元。

二、未来的新绿洲

1. 微藻是一个理想的太阳能转化器

绿色植物是地球上最灵巧的太阳能转化器。但是,高等绿色植物只能通过光合作用固定太阳能的1%。

种植高等绿色植物以获取食品,自古以来就是人类利用太阳光能最有效的手段,也仍然是唯一的传统办法。但是,这种传统的办法有若干局限性:

绿色植物生长在土地上,但是,并不是所有的土地都适合于耕作。世界总面积 133 亿公顷的土地中,仅有约 15 亿公顷是耕地和多年生作物地。

作物用通常的农艺技术种植,对阳光的利用率不充分,这是因为作物在生长期的开初阶段,群体的叶面积小,漏光损失多;叶面反射和透射,失却一部分光能;作物到达光饱和点后,不能利用多余的阳光;部分光能又以热辐射形式被浪费。

有些植物(C₄植物和 CAM 代谢途径植物)对光的利用率高,但在极端的条件下,生命体按自身的规律调剂。例如,高光强和高气温在一天之中是同步出现的。当气温升高,干旱加强时,植物体为了存活,关闭气孔,以有效地减少蒸腾对水分的消耗。气孔的关闭也同样导致光合作用的降低。目前,人们还找不到有效的方法来提高它们的光合效率。

农作物的光合作用产品,有一半以上,不能作为人体能量的直接来源。以小麦为例,其净光合作用产物的干物质,地下的根茬平均占 11%。地上部分中,籽实和茎叶大致相当,各占 50%左右。籽实中的皮壳,占 26%。所以,人们吃食的部分,仅占净光合作用的 33%。绿色植物的生长周期长,在生

命活动的全过程中,自身也要耗费一部分光合作用所固定、转化的能量。例如,大豆的整个生命活动过程中,至少有光合总能量的 25%被呼吸作用所消耗;5%以上的能量被根瘤中的固氮菌和其他真菌利用;病虫害一般造成的损失占能量的 5~10%。所有绿色植物通过光合作用制造的产品总量,比做食品的需求量高出几十倍以上。显然,只有很少的一部分直接作为食物加以利用。

生物学家很早就注意到,生物越小,每克生物量的代谢越大。其更新的效率也愈高。有些肉眼几乎看不见的碳型藻类,其光合作用和呼吸作用的强度,大大超过同等重量的大型高等植物代谢总量。

微型藻类具有利用无机形式的碳和碳水化合物合成高品质蛋白的能力,因为它不同于生长周期长的高等绿色植物,所以,被看作是来进行工业化方式固定太阳能的对象。换言之,微藻是一个理想的、有着诱人的巨大潜力的太阳能转化器。利用相应的装置,每生产 1 公斤的微藻干物质,在光合作用过程中,就可转化 6 千瓦时的光能为化学组织能。关于藻类的光合作用机制,科学家们还没有完全查明,有许多的谜底有待揭晓。

意大利“莫太吉桑”公司,比较了微藻和其他不同作物的物质生产,得出下表。

不同作物每年的生产量比较		
作物	干物质量 (吨/公顷)	蛋白质 (吨/公顷)
小麦	5.0	0.6
玉米	12.0	1.1
大豆	2.0	0.7
苜蓿	10.0	2.0
微藻	50.0	32.0

我们在室内对比试验的基础上,于 1993 年中试成功的微藻生产装置,产量高于以上引证的资料,并在工艺上保证了产品的高纯净。

2. 微藻有广泛的利用价值

发现藻类可直接为人类食用,最早尚属我国。据记载,三国道士葛玄(公元 164~244)在江西修道时,就采藻类当饭吃。诗经上也有采藻而食的记载。

16 世纪初,西班牙探险家德尔卡在墨西哥湖畔发现当地的印第安人用细筛网打捞湖水中的漂浮物“Tecuitlatl”。他们把“Tecuitlatl”铺在地面上,几天后,收集晒干形成的 2~3 毫米厚的薄饼,用来做成各种食品。上述漂浮物就是微藻。本世纪 40 年

代,丹吉尔特在非洲的乍得也发现当地人食用藻类(*Spirulina platensis*)。1963年,法国石油研究所报道了乍得湖附近的居民食用干晒微藻“dine”的习惯。比利时植物学家伦纳德(Jean Lonard)不仅观察了当地人泡制藻食品的方法,还确定了微藻富含蛋白,纠正了有人认为藻类不易被人体吸收的看法。

分析证明,小球藻(*Chlorella*)的干晒物质中,通常约含蛋白质50%,脂肪和色素7%,碳水化合物30%和灰分9%。小球藻中所含的18种氨基酸中有7种人体和动物自身不能制造,必须由食物中的蛋白质供应。另外,还含有多种维生素。

螺旋藻的蛋白质含量为50~70%,脂类含量在5%以上,由非饱和脂肪酸组成,还有高浓度的 γ -亚麻油酸——构成维生素F的重要成份,对人体很重要。

微藻的细胞壁很薄,因而,微藻细胞内的营养物质极易为人体所吸收。微藻做为人类的食物,就蛋白而论,营养值在标准食物蛋白之下,不及鸡蛋和牛奶,因为蛋氨酸、半胱氨酸和赖氨酸不足;但优于植物性蛋白。每餐每人食用10~12克螺旋藻,可满足8%的热能和10%的蛋白质需要量。10克螺旋藻中含有25000个国际单位的维生素A,为人体每日需要量的5倍。

从微藻的成份可以看出,可以做为食品、饲料、饵料、添加剂,可以用来提取药品、着色剂,也可做为美容化妆品的原料。关于这方面的应用实例,世界上及我国已有不少报道,这里不再赘述。以下着重介绍微藻一个最新方面的利用。

据日本的《最新技术情报志》报导,日本明治大学教授岩本浩明和东京大学山口胜领导的一个小组受日本通产省的委托,利用黄被藻(*Botryococcus*)成功地采收碳氢化合物。实验表明,每平方米微藻培养槽每天可获取汽油5~6克。这种藻原产英格兰,欧洲大陆和北美都有。这种藻体中色素体通常含有过量胡萝卜素,光合作用的产物为油,不是淀粉,细胞壁大部分含有果胶化合物。实际上,黄绿藻、黄褐藻以及矿藻都有这种产油的特性。据报导,美国科罗拉多州的太阳能研究所也成功地把藻油转化成柴油和汽油。法国和比利时也在从事此项研究。目前,用这种办法得到的燃料成本很高,相当于原油价格的7倍。但是,也有消息说,美国准备在亚利桑那州和新墨西哥州建微藻农场,用来补充美国的石油燃料(6%)。

3. 以提高光合作用效率为目的的大型人工装置是未来新绿洲的主要开发模式

如果我们把沙漠的表层看做为一个体系,一个能量交换的体系,那么这个体系(包括生态系统在内)唯一的根本的外源能量是太阳能,参与太阳能热交换的基本物质大体可以包括(除生态系统外)阳光接受表面(沙粒、石块、土壤);传热的工质空气;各种形态的水。从热量交换的角度分析,这些基本物质均有各不相同的特质。如果利用这些就地取材的物质的物理性能,用仿生学的思维,借助现代的技术和材料,模拟自然界存在的现象(如大气泵、微型爆发气流……),就会建造一种沙漠表层的人工大型装置,使太阳辐射到沙漠地表的能量,容易进入装置而难以逸出。通过这种装置,使太阳辐射能在大面积上固定、转化,为人类的需求服务。这种太阳能人工转化装置的核心工艺,就是光合作用。光合作用利用的转化器是有生命力的微型藻类。一个全天候的、以利用光合作用为主的这种人工装置,就是沙产业未来的新绿洲。

这种人工装置不应被理解为神秘的和远不可及的。就热交换的科学原理而论,现阶段已经在大面积上使用的农用地膜,改变了农田土壤的水热交换状况,可以认为是人工装置最原始的起点;塑料大棚和温室这种保护地生产方式,可以看做是人工设施在今天的一个发展阶段;而更高层次的人工装置,则应包括更高的技术和更新的科学成果,例如,用微藻取代高等植物,用管道连续生产,为保证全天候生产建立的人工光源、气流电站等等。

这种人工装置的一个重要构成部分是在大面积上建设热隧道。应用透光的树脂塑料或玻璃,把大部分的太阳辐射能量保存在隧道中,避免与大气交换而散失。

我们在非洲沙漠中看到的白蚁巢穴,巧妙地利用“空穴来风”制造气流,正如阿拉伯有一条谚语所说,“风儿伴着阳光来”。我们构想建设一个大型金字塔,在塔体内腔中,利用热交换的机理,把热隧道中的干热空气导入,用急湍气流发电,为热隧道中的微藻生物反应器提供夜间的人工光源,以保证微藻全天候进行光合作用。

我们相信,在钱学森教授沙产业理论的指引下,运用全部的现代科学技术,采用系统工程和综合利用的方法,未来的新绿洲开发模式将变不毛之地为沃土。(责任编辑 蔡德诚 王宏章)