

新绿洲(2)——沙产业的案例

田裕钊

中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要 钱学森的沙产业理论是利用高新技术将沙漠戈壁不毛之地变为绿洲, 技术路线的通俗表述为“多采光、少用水、新技术、高效益”。在塔克拉玛干大沙漠西南边缘的224团场、河西走廊嘉峪关戈壁滩上的葡萄园、大面积的设施农田大棚种植, 都是新绿洲的实证。微型藻类是强大的太阳能转化器, 先后在库布其沙漠恩格贝、乌兰布和沙漠吉兰太、毛乌素沙地鄂托克旗建成的微藻养殖场, 都是叶绿素工厂, 在原本的不毛沙地上, 生产高品质的营养品。未来的新绿洲沿着钱学森指出的方向, 将创造更高水平的生产力。

关键词 绿洲; 钱学森; 沙产业

1995年, 为参加在呼和浩特市召开的《绿洲建设的理论与实践学术研究会》, 笔者撰写了《新绿洲——沙产业的建设基地》。1995年9月3日, 钱学森院士给刘恕写信: “裕钊同志的文章是篇很好的介绍沙产业文章, 将在哪里发表? 我想《科技导报》或《中国科技报》、《科学中国人》都可以登这篇文章。”《科技导报》1995年11期刊登了这篇文章^[1]。10年过去了, 沿着钱老“变不毛之地为沃土”的沙产业理论指引的方向, 在干旱荒漠出现的新绿洲, 用实践证明, 钱学森的沙产业构想, 有现实的可操作性和强大的生命力。

1 人工控制生境的设施农业新绿洲, 规避了自然风险

人工控制生境的设施农业, 包括养殖业和种植业, 实际上是未来智能化植物工厂和养殖场的雏型。钱学森第六次产业革命的理论预言, “古老的农业作为第一产业将消失, 退出历史舞台。”“改造地理环境, 用工程技术加高新技术”创造知识密集型的大农业。新绿洲的建设, 践行着“多采光、少用水、新技术、高效益”沙产业技术路线, 众多的真实案例, 在卫星照片帮助下感受到其规模之宏大, 从而加深人们对变广袤干旱不毛之地为沃土, 在当今世界价值的认识。

钱学森先生对他提出第六次产业革命中的沙产业给予特殊的关注, 在给瞿宁淑先生的信中(图1)^[2], 为其概念做出解释。

甘肃河西走廊的武威和张掖, 是率先践行沙产业理念的地方。在这里曾两次举行全国性的沙产业工作会议。宋平同志两次亲自出席会议, 谆谆教诲, 要以“人一之, 己百之; 人

我和中国科协的刘恕同志多年来宣传开发沙漠戈壁, 利用阳光搞农业型的生产, 现在在甘肃省河西走廊有了成功的开始, 是用塑料透光膜造大棚, 取光保温, 棚下沙地下铺隔水膜防渗, 用滴灌节水种蔬菜。我们称此为沙产业, 是农业型的产业。

图1 1996年5月9日钱学森致瞿宁淑信的摘抄
Fig. 1 Selection from the letter Tsien Hsue-shen wrote to Qu Ningshu on 9th May 1996

十之, 己千之”的精神, 按钱学森倡导的沙产业理论, 用现代技术, 发挥阳光优势, 克服干旱缺水, 帮助群众脱贫致富^[3]。

20年来, 武威和张掖开始以兴建日光温室(塑料大棚)为突破口, 践行着留下阳光的理念。如今武威的日光温室已超过15.92万亩(图2~图5)。

钱学森对构建日光温室贯彻沙产业“多采光、少用水、新技术、高效益”技术路线的做法, 给予高度评价。1998年4月11日, 钱学森在信中说, “沙产业的一套做法实际是高科技农业生产的试验, 它现在已经在社会主义中国的沙漠化地区取得成功; 将来这套做法还有可能因地制宜地推广到全国各地, 不仅限于沙区, 例如, 1) 在北方冬寒地区, 搞反季节农业生产; 2) 在青藏高原, 利用丰富阳光及地热能源, 大大提高农业生产率, 为青藏高原的发展做贡献(在拉萨附近已有试验,

收稿日期: 2017-02-08; 修回日期: 2017-05-10

作者简介: 田裕钊, 研究员, 研究方向为干旱荒漠化, 电子邮箱: sme100@163.com

引用格式: 田裕钊. 新绿洲(2)——沙产业的案例[J]. 科技导报, 2017, 35(15): 84-90; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.15.012

有了农膜、塑料大棚，在北方可以栽培南方的蔬菜瓜果，全年都可以吃到反季节的蔬菜。在智能温室里栽培作物，全不受地域限制，真可谓地不分南北西东，时不分春夏秋冬。现在科技完全可以在荒漠中发展大农业，适合人类生存的空间大大扩展了。

——宋平同志在沙产业会议上的讲话（2000年6月28日，甘肃武威）

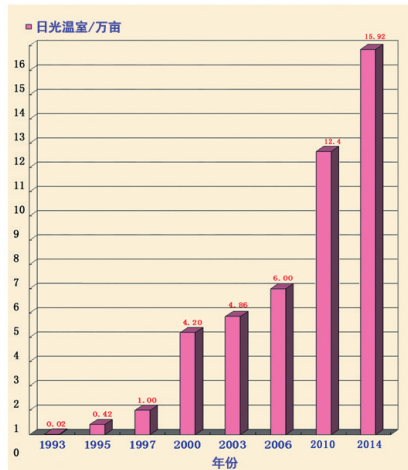


图2 武威市日光温室建设规模

Fig. 2 Construction scale of greenhouses in Wuwei, Gansu



图3 武威市星罗棋布的日光温室

Fig. 3 Greenhouses scattered all over Wuwei, Gansu



图4 大棚技术的运用

Fig. 4 Utilization of greenhouse technology



图5 地图中的塑料大棚

Fig. 5 Greenhouses overseen in satellite map

很成功)。沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业。当前开了一个好头，前途无量。”^[2]

植物工厂的概念很早就提出。日本的企业家在20世纪70—80年代投资发展工业化农业，西方发达国家垂直农场的设计别出心裁。近来，美国的集装箱种植业已具备实用推广水平。2012年中国的设施农业面积已达38600 km²，居世界第1位。植物工厂超过100个。设施农牧业（种植业和养殖业）仍然以很快的速度扩大和进步。尤其是光伏农业和互联网农业的创新，将使钱学森变不毛之地为沃土的构想显示出新曙光。

2 林业就是林果业

钱学森关于第六次产业革命的理论认为“林是林果业”。

新疆生产建设兵团在21世纪新建的位于塔克拉玛干大沙漠南部边缘的团场——224团，是一个典型的案例，证明钱学森变不毛之地为沃土的沙产业理论具有现实的可操作性，瀚海大漠可以变成盛产的林果业基地（图6）。

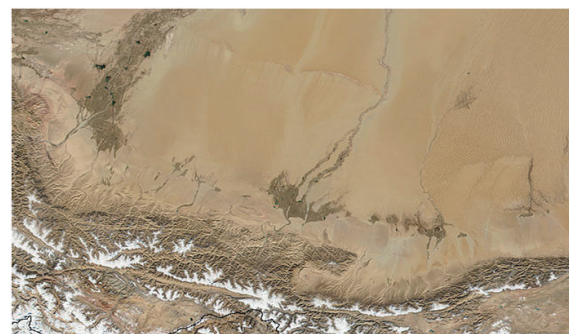


图6 224团开发建设前的地区

Fig. 6 Areas before development of the 224th Farm of XPCC

224团是兵团在21世纪新建的第一个团场。农十四师皮墨垦区位于皮山县与墨玉县交界处315国道北侧的阿克兰干地区，西距和田市75 km。目前为全国集中连片节水灌溉中规模最大、技术设备先进的自压式节水灌溉系统（图7）。

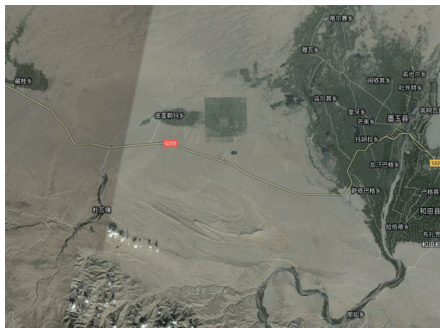


图7 塔克拉玛干大沙漠南部边缘的团场——224团
Fig. 7 The 224th Farm on the southern fringe of Taklamakan Desert

224团以红枣为主导产业。2003年3月开始苗木种植,截至2011年10月共种植18.4万亩,其中,经济林8.7万亩(红枣种植7.3万亩)、防护林1.7万亩、生态林0.8万亩、其他1.2万亩。第二届和田玉枣文化节于2015年10月22日在224团驻地举行,从当地种植的13万亩和田玉枣中选出的8公斤“枣王”举行拍卖,共拍得25.8万元。十四师224团2003年进驻荒漠戈壁,承担起屯垦戍边使命。为了发展地方经济,组织专家研究适合当地特点的经济发展模式,最终选择适合当地土壤、气候条件的大枣。从山西引入枣苗。2015年大枣丰收,2 m高的枣树上,挂满了红枣,个大、肉厚、甘甜、营养丰富。果园滴灌水源是昆仑山冰雪融水。光照丰富的条件得天独厚,全年日均光照达15 h,冷热温差大、气候干燥,适合红枣生长,含糖量高。种植讲究科学管理,有机肥培育。六连生产的“王中王”1 kg仅有红枣19颗,最大的1颗70 g,平均单果重53.5 g,个头比鸡蛋还大(图8)。



图8 和田玉枣(图片来源:人民网-新疆频道)
Fig. 8 Hetian Jade Jujube

在沙产业理论指导下,河西走廊戈壁荒滩上建设成葡萄基地,又是一个生动的案例。

位于嘉峪关市酒泉钢厂下风方向的戈壁滩,粉尘污染严重,寸草不生,是典型的干旱荒漠不毛之地。图9的卫星照片,展示出20年前嘉峪关戈壁滩原始景观。

2005年6月17日,在这块不毛之地上,开工建设嘉峪关戈壁滩上的葡萄园,现已完成一期建设。葡萄园引进以色列滴灌设施,发展膜下滴灌。葡萄园规划建设规模10万亩,现已完成39633亩,可年产葡萄酒1万t。在戈壁滩上,兴建了地下占地



图9 嘉峪关戈壁滩原始景观

Fig. 9 Original landscape of Gobi deserts in Jiayuguan

面积13700 m²的葡萄酒酒窖,可放置2.1万个标准橡木桶。滴灌技术节水62%、节电61%,39633亩葡萄年增效益3000万元。

2012年,中国果园面积约110000 km²,占世界果园总面积的20%^[4]。红枣、葡萄、枸杞子、杏、核桃、香梨、苹果、巴旦木……这些传统的适合于致富的经济果树(图10),在钱学森发展知识密集型的大农业理论指引下,通过优选品种,科学管理经营,将成为新绿洲的风景物。



图10 嘉峪关戈壁滩上的葡萄园

Fig. 10 Vineyards in the Gobi deserts of Jiayuguan

3 未来新绿洲的雏型

具有高光合作用的微型藻类,能高效地捕捉光子,转化和储存太阳能,为人类提供生存发展的必需生物物质。结构简单的藻类是理想的、有着诱人潜力的太阳能转化器,更是工业化固定太阳能的技术手段。发展微藻产业被认为是沙产业变不毛之地为沃土的最佳选择之一^[5]。

小球藻是理想的、强大的太阳能转化器,是实现高效固定转化太阳能的手段。每平方米受光面积上每年产出的航空燃油的千克数,微藻远高于玉米、大豆、红花、向日葵、油菜和油棕树(图11)。

恩格贝于2004年10月决定利用生态园的现代化温室安装管道生产小球藻(图12),并在120 m试生产成功后,又按

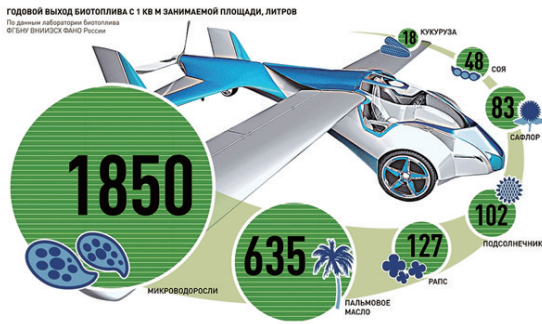


图 11 微藻产出的航空燃油数与其他植物的对比
Fig. 11 Contrast of production of aviation fuel between microalgae and other plants



图 12 2004年恩格贝扩种小球藻
Fig. 12 Planting expansion of chlorella in Engebei Inner Mongolia in 2004

照宋平同志“中试”的要求,改造温室,架设支架,并在2005年6月完成总长7 km的中试车间管道安装,7月试开车(图13)。



图 13 内蒙古恩格贝的小球藻中试车间
Fig. 13 Pilot plants of chlorella in Engebei, Inner Mongolia

2009年在王明海策划下,3月份动工在沙地上建设螺旋藻养殖场。由于采用的技术方案因地制宜因陋就简,建场的当年就有产品问世(图14)。

甘肃定西素有“苦甲天下”之称。甘肃富民生态农业科技有限公司于2013年7月奠基,安装玻璃管道总长2600 m的小球藻生产线,用于养殖业的饲料添加。截至2016年6月,车间生产维持正常良好状态(图15)。

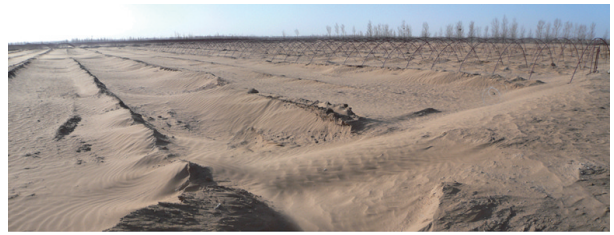


图 14 库布奇沙漠恩格贝的螺旋藻生产地
Fig. 14 Production base of spirulina in Engebei, Kubeqi Desert



图 15 小球藻生产车间
Fig. 15 Production plant of chlorella

位于乌兰布和沙漠中的吉兰太盐池有国内首家从盐藻中提取天然胡萝卜素生产企业。

利用得天独厚的自然条件,吉兰太盐池于1991年在联合国计划开发署的援助下,承担了国家“七五”项目——从盐藻中提取天然胡萝卜素,建成了中国第一家生产天然胡萝卜素

的企业。2001年,引进以色列NBT公司盐藻养殖、采收和盐藻粉生产技术,建成了年产20 t盐藻粉的生产加工基地(图16)。



图16 吉兰太盐田的盐藻养殖池
Fig. 16 Culture pond of *dunaliellasalina* in salt field in Jilantai

通过与中国海洋大学、内蒙古工业大学等单位的合作,吉兰太盐池解决了藻类养殖、盐藻加工、胡萝卜素提取及保存等一系列技术问题,2007年10月已逐步扭亏为盈,为发展奠定了较好的基础(图17~图18)。



图17 左面是采盐场,右面是微藻养殖场
Fig. 17 Salt pit on the left, culture pond of microalgae on the right



图18 流动型沙丘地上开辟出微藻养殖场
Fig. 18 Culture pond of microalgae constructed on mobile sand dune

另一个成功的沙产业案例,是内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克旗螺旋藻产业园。建设园区前这里原本是沙丘地,沙丘地上植被稀疏,有流动沙丘(图19)。鄂托克旗创建螺旋藻产业园,目前,完成规划面积12000亩,配套开发面积7000亩,修建“三纵三横”道路21 km,实施给排水、天然气管网22 km,进驻螺旋藻生产企业26家,螺旋藻净养殖面积4000亩。园区在建设上遵循的原则是高起点规划、高标准建设、高强度投入、高效能监管、高质量服务的“五高”。园区建设的各个方面都是按照食品卫生安全管理要求进行。螺旋藻产业园区原计划实行统一质量检验、统一技术规程、统一定价销售、统一品牌的管理模式,组建企业集团。目前产能达到年藻粉产量3500多t,成为干旱荒漠中特殊的新绿洲(图20)。

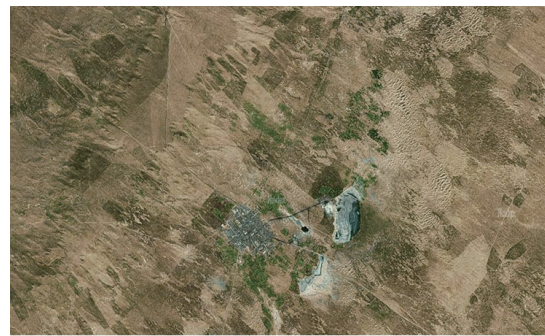


图19 建设园区前这里是沙丘地
Fig. 19 Sand dunes before construction of spirulina production base

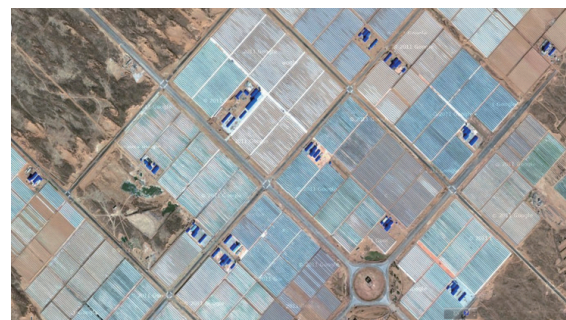


图20 不毛之地变沃土
Fig. 20 Deserts turned into oasis

2010年,内蒙古鄂尔多斯鄂托克旗螺旋藻产业园开始创建,卫星照片上还是一片土黄色的沙地(图21)。在南北长2100 m,东西宽1640 m的毛乌素沙地上兴建的这个大型的叶绿素工厂,尽管目前在管理机制上还存在问题,需要用机制创新和技术改进解决,但事实将证明,用集团公司的模式统筹,有可能实现突破性的进步。



图 21 内蒙古鄂尔多斯鄂托克旗螺旋藻产业园
Fig. 21 Spirulina production base in Otog Banner, Ordos, Inner Mongolia

4 理想的未来新绿洲

未来新绿洲追求的目标是在单位受光面积上创造最高水平的生产力。留下阳光,为解决未来的粮食和能源而努力。

以微藻作为太阳能转化体进行光能转化,虽然不苛求肥沃的土地,但为保障高转化效率和高产量,要求提供相应的生产装置及专业化技术。近年来,国际关注有实用价值的微型藻类的开发,在沿海滩涂和盐碱、沙漠荒地,建立低成本的螺旋藻、盐藻生产装置及专业化技术,成为应用研究的重要方向(图 22)。用规模化生产的视角审视,作为微藻生产做功装置的光生物反应器,首先应当满足高产,即单位受光面积上,通过光合作用形成的生物质,追求高产量;其次,生产装置结构力求简单,即淘汰实验室探索过程中曾经采用过的繁琐元件,使装置容易组装及操作便捷。最终,在实践中能借助于计算机技术控制,达到最佳状态,使生物反应器理想化(智能化)。总之,高产、结构简单、容易组装、操作便捷及自动化,成为对光生物反应器设计的基本要求。



图 22 微藻的利用在今天形成了琳琅满目的产品
Fig. 22 Microalgae in various products today

绿色植物的光合作用被称作“阳光下的魔术”。在几十亿年内,大自然造就了不计其数的植物物种,这些物种组成了地球表面形形色色的群落,呈现出五光十色的景观。光合作用,从亿万年前微型藻类出现开始,附着在单细胞生命体

上的叶绿体,如今仍是那么灵巧,结构依然简约。在绿色植物这个叶绿素的载体中,存活在水中的微型藻类,被选作光生物反应器的做功元件。诚如前述,当作元件的微藻,有众多的特点,强大的光合作用器官,叶绿体几乎充满整个细胞;个体小,通过整个表面实现同化 CO_2 ;与环境交换物质的表面积大;没有蒸腾作用水的无效消耗;产出物有高的营养价值;生命的短周期,便于组织工业化的生产流水线,产出多用途物质;微藻具备可变异;特别是无任何废弃物的排放,又具消耗 CO_2 ,释放 O_2 的功能,具备生态价值。

选择微藻作为光生物反应器元件会带来突破性的发展愿景。在传统农业生产中,依靠改善农作技术强化光合作用过程,可以提高农作物的产量,但不可能有革命性的与日俱增的效应。植物生理学家 A. A. Ничипорович(1961)曾指出,假定光合作用有益参数为 20%,生长期平均光合作用有效的辐射为 $30 \times 10^8 \text{ kW/km}^2$,有可能每天得到 1000 kg 的生物量,按生长期为 150~200 天估算,收获量可达到 15000~20000 t/km²。这样的产量在目前作物种植中不可能达到。但利用微藻作为元件的光生物反应器中却有可能达到,原因是光生物反应器的微藻作元件具有无可比拟的优势。微藻生长速度快,繁殖方式简单,在适中的环境条件下,以几何级数增加,高效率。1 个小球藻细胞经过 1 个月的繁殖,可以变为 100 亿个。实验证明,装置中的微藻悬浮液在几天后即可达到极高的密度,即 2 亿/mL。维持高密度,只要技术上给予保障,就能确保高产。几乎所有以光合作用做功的生产都是长周期。例如,林木生产木材长达 100~120 年;果园挂果,3~10 年;谷物收获籽粒则是 200 天左右,最短的荞麦也需要 100 天。但微藻周转周期短,微藻生产的装置可以保证第一次丰收后不出 1 个月,即可进入正常周转阶段,每天都有收获。

在全部的人类生产活动中,任何一种生产活动,都是一种物流的运动转化过程,是由一种形态转变为另一种形态,都是由一种物质转化为另一种物质,能量消耗其中。任何一种生产力系统的运行,除了自身之外,还包括一个与自然环境之间的“投入产出链条”,即自然环境向生产力系统输入自然资源和自然力;生产力系统向外界自然环境输出生成物或某种作用力。在一个生产力系统中,“投入”的源,特别是消耗量最大的源,往往成为产品成品价的主要构成部分。但是,光生物反应器中做功的微藻生产体系,却是一个开放型的生产系统,既有开放的接口吸纳普照大地的阳光;又有着永不劳损、可自我更新的做功元件(图 23~24)。生命活体构成了如此奇特、廉价和有极强生命力的生产体系。这样的生产体系将为农业型产业带来突破性的发展愿景,攀登上人类农业文明发展新阶段的高峰。正因如此早在 20 世纪中叶,微藻的利用就引起科学家的关注。

追求的技术目标:(装置设备的形态)全封闭(相对于开放池生产方式);(提供的产品)高纯净(确保食品安全、品质稳定);(流水线生产)自动化(充分应用当代网络、信息、传感器、遥控技术的成就);(结构)元创意(可多角扩展利用)。不

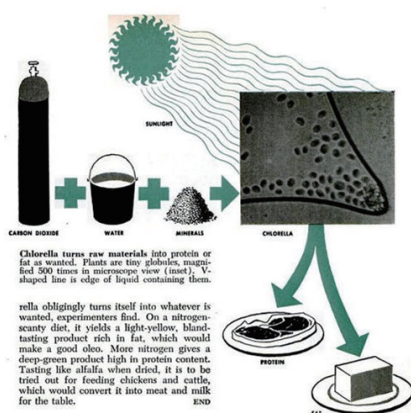


图 23 奇迹水藻

Fig. 23 Miraculous chlorella



图 24 恩格贝的小球藻中试车间

Fig. 24 Pilot plants of chlorella in Engebei

断完善优化,最终制造出理想的,定型的,品牌的光生物反应器。外观结构合理;悬浮液容量大;便于清洗;易于制造;露天或加盖外罩。理想的恒定温度:35℃;悬浮液处于搅动的涡流状态;受光的容器要大;透光容器易于清洗;维持大基数高密度(3 g/L)的自动化排放收获和加注营养液;一个单元的适中规模。

食品和能源,粮食和石油,是中国当前和未来的头等大战,民生和国力都维系在此。靠传统的手段和技术,既不能解决难题,也缺乏信念、信心。留下天赋的干旱荒漠中和辽阔海洋上的阳光,就是努力的方向。逻辑和实例就是依据。

小球藻悬浮液在养殖业中的广泛应用,将从根本上提高产品的安全性水平,有效地化解畜产品目前存在的难题。利

用工业革命的流水线式作业方式,把农业的种植业变成工业化的生产方式,将光合作用的太阳能固定转化的效率,革命性地提高。在密西西比河三角洲设计建设微藻厂,日产 30 t 含 50% 蛋白质的小球藻,相当于 3.5 万 t 牛肉。能满足 300 万居民的蛋白质需要。工业化工厂式的单细胞微藻光合作用生产方法的完善,其价值和意义是难以估价的。

未来的新绿洲将会是“用系统工程设计、建立与运行”的,“用日光能量,通过生物—植物、动物、菌物生产食品和工业品”的农、工、贸结合的集团公司。由于荒漠中天赋的充沛阳光强劲风力提供了能源,光伏农业、风田变农田的科学构想都会变为现实。钱学森第六次产业革命一定会“开花结果”,在干旱荒漠戈壁上,创造最高水平的生产力。

参考文献 (References)

- [1] 田裕钊. 新绿洲—沙产业的建设基地[J]. 科技导报, 1995, 13(11): 29-32.
Tian Yuzhao. New oasis: The construction base of deserticulture[J]. Science & Technology, 1995, 13(11): 29-32.
- [2] 钱学森. 钱学森书信选[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
Tsien Hsue-shen. Selected letters of Tsien Hsue-shen[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008.
- [3] 刘恕. 解读沙产业[M]. 北京: 科学普及出版社, 2009: 96-109.
Liu Shu. Understand deserticulture[M]. Beijing: Popular Science Press, 2009: 96-109.
- [4] 张加延. 中国果树科学与实践[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2015: 1.
Zhang Jiayan. Chinese fruits sciences and practice—Apricot[M]. Xi'an: Shanxi Science and Technology Press, 2015: 1.
- [5] 田裕钊. 不断加深对微藻价值和地位的认识[M]//上海交通大学钱学森研究中心. 知识密集型大农业理论研究: 纪念钱学森第六次产业革命理论创建三十周年学术研讨会文集. 上海: 上海交通大学出版社, 2015: 58-61.
Tian Yuzhao. Increased understanding on values of microalgae[M]// Qian Xuesen Research Center, Shanghai Jiao Tong University Knowledge-intensive Modern Agriculture Theory Study: Proceedings of Academic Conference to Commemorate 30th Anniversary of Qian Xuesen's Sixth Industrial Revolution Theory. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2015: 58-61.

New oasis (2)——Application cases of deserticulture theory

TIAN Yuzhao

Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract The deserticulture theory by Qian Xuesen is to transform deserts and Gobi deserts into oasis by utilization of advanced science and technology. This theory can be interpreted as “more lighting, less water-using, advanced technology and high profit”. The 224 farm of Xinjiang Production and Construction Corps (XPCC) on the southwestern fringe of the Taklamakan desert, vineyards in the Gobi deserts of Jiayuguan, farmlands of controlled-environmental agriculture and greenhouses are all demonstrations of the deserticulture theory. Microalgae can be considered as an efficient solar power converter. Microalgae farms constructed in Engebei in Kubuqi desert, Jilantai in Ulanbuh desert and Otog Banner in Mu Us desert are chlorophyll factories. These factories produce high-quality nutriment in deserts. We will follow the path directed by Qian Xuesen and promote the productivity in the new oasis in the future.

Keywords oasis; Tsien Hsue-shen; deserticulture

(责任编辑 傅雪)