

毛乌素沙地治理与利用中存在的问题及解决对策

童伟^{1,2}, 韩霖昌^{1*}, 王欢元¹, 程杰^{1,2}, 张瑞庆¹, 雷娜¹ (1. 陕西省土地工程建设集团, 陕西省土地整治工程技术研究中心, 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西西安 710075; 2. 西安理工大学水利水电学院, 陕西西安 710048)

摘要 为了改善毛乌素沙地的区域生态环境和缓解土地供需矛盾, 人们尝试了多种治理和利用毛乌素沙地的技术措施, 但是这些治理和利用的技术措施存在着技术可行政策跟不上、缺乏实践、群众积极性差等问题。针对以上问题, 逐一分析了各种治理技术措施存在的问题, 并提出分区治理等解决对策, 为毛乌素沙地的综合治理和合理利用提供了更切合实际的指导建议。

关键词 毛乌素沙地; 综合治理; 科学利用

中图分类号 S181.3; X37 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)05-218-04

The Research on Comprehensive Treatment and Scientific Utilization of Mu Us Sandy Land

TONG Wei^{1,2}, HAN Ji-chang^{1*}, WANG Huan-yuan¹ et al (1. Shaanxi Land Construction Group, Shaanxi Province Land Reclamation Engineering Technology Research Center, Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources of China, Xi'an, Shaanxi 710075; 2. Institute of Water Resources and Hydro-Electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048)

Abstract Mu Us sandy land is located in the depression of southeastern Ordos Plateau and the north of Loess Plateau of North Shaanxi, is an important part of the farming-pastoral ecotone in North China. Human unreasonable reclamation and overgrazing causes the serious grassland degradation, desertification and frequent aeolian sand disaster. In order to improve the regional ecological environment and alleviate the contradiction of land supply and demand, people continuously try to use physical, chemical, biological, engineering and multidisciplinary cooperation in sand control technology to control and transform the desert. This paper introduces the basic situation of Mu Us sandy land and systematically summarizes a series of comprehensive treatment and utilization research, as of machine stabilization sands, sandy land improvement, chemical & biological stabilization of sands, mixed into soil, ecological restoration, mechanical bulldozing and integrated control, on these bases, further discusses the countermeasures of land comprehensive treatment and rational utilization in Mu Us sandy land.

Key words Mu Us sandy land; Comprehensive treatment; Scientific utilization

我国是一个人多地少的国家, 据国土资源部提供的资料显示: 1996年至2003年间中国耕地面积已由1.3亿 hm^2 减到1.23亿 hm^2 , 减少了700万 hm^2 , 2010年, 人均耕地面积约0.1 hm^2 (1.37亩), 不到世界平均水平的40%; 随着人口持续增长和经济快速发展, 工业化、城镇化和农业现代化同步加快推进, 土地需求刚性上升与供给刚性制约的矛盾日益加剧。与此同时, 我国是世界上受风沙危害最严重的国家之一。据监测, 20世纪末, 我国沙化土面积达174.31万 km^2 , 占国土面积的18.2%, 且以年均3436 km^2 的速度扩展。近年来, 我国北方地区连续发生较大的浮尘、扬沙和沙尘暴天气, 频率之高、范围之广、强度之大, 给生态建设敲响了警钟^[1]。如青海湖鸟岛已经成为沙丘包围的半岛, 平均流沙厚度14cm, 部分地区已形成新月型沙丘, 昔日水草丰美、风光无限的青海湖鸟岛正面临全面沙化的威胁^[1-3]。因此防沙、治沙, 发展耕地已经成为大势所趋。

1 毛乌素沙地概况及成因

毛乌素沙漠是中国四大沙区之一。位于37°27.5'~39°22.5' N, 107°20'~111°30' E。包括内蒙古自治区的鄂尔多斯南部、陕西省榆林市的北部风沙区和宁夏回族自治区盐池县东北部, 总面积为3.98万 km^2 。地名起源于陕北靖边县海则滩乡毛乌素村。自定边孟家沙窝至靖边高家沟乡连续沙带称小毛乌素沙带, 是最初理解的毛乌素范围。由于陕

北长城沿线的风沙带与内蒙古鄂尔多斯(伊克昭盟)南部的沙地是连续分布在一起的, 因而将鄂尔多斯高原东南部和陕北长城沿线的沙地统称为“毛乌素沙地”。

1.1 自然因素 毛乌素沙地深处内陆, 属干旱、半干旱地区, 气候干燥, 大部分地方年降水量均在440mm以下, 有些地方年降水量甚至不足200mm。由于降水主要集中在7、8、9月这3个月, 加之气候干旱, 蒸发量大, 所以一年中湿度差别较大, 容易出现旱灾和风灾。旱灾的后果是造成水分大量蒸发, 而水与植物生长有着十分紧密的关系。在降水量极少的干旱地区, 土壤的含水量主要靠地下水毛管供给。当地下水位下降, 毛管上升, 水不能达到地表或植物根系层时, 植被开始衰退, 植被衰败以后, 就容易受到风蚀破坏, 从而出现沙漠化。风灾对土地荒漠化的影响更为明显。风是沙漠扩展的原动力, 地表一旦失去植被保护就会受到风蚀。随着风蚀作用的不断发展, 光板地演变成风蚀劣地, 被吹蚀的物质形成风沙流。当风沙流速度降低或遇到障碍时, 所挟沙尘下落堆积, 受不同风向的影响而形成各种类型的沙丘, 从而变成沙漠^[4]。

1.2 人类活动 毛乌素沙地的开发已有多年的历史, 但在唐朝以后, 出现只注重军事控制和开荒种田, 不注意经济效益与多种经营的合理开发。特别是自然条件较好或具有重大战略意义的地方, 开发过度, 甚至出现竭泽而渔的情况, 而在战乱年代, 驱逐农户, 破坏庄稼, 把农田变为牧场, 砍伐森林, 开垦草场, 把宜林宜牧地区变为农业区的粗放开发方式, 则加速毛乌素沙地荒漠化的进程。历史上曾出现“榆林三迁”的惨痛教训。此外, 水资源使用不当也会导致土地荒漠

基金项目 国土资源部公益性行业科研专项项目(201411008)。

作者简介 童伟(1987-), 男, 陕西黄陵人, 初级工程师, 硕士, 从事土地整理复垦和土地工程研究。*通讯作者, 高级工程师, 研究员, 博士, 从事土地工程方面的研究。

收稿日期 2014-12-25

化的发展,榆林和鄂尔多斯也曾有过一些城镇,天然植被良好,农业发达,但过度开发,使河流萎缩,水系变迁,从而导致大片土地荒漠化,这些城镇也随之相继消亡^[5]。

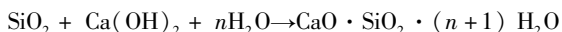
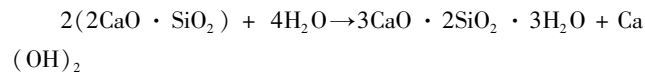
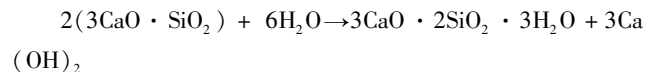
2 治理毛乌素沙地的措施

按照《防沙治沙法》的要求,国家林业局在摸清沙化土地底数、查明土地沙化原因的基础上,结合我国国民经济和社会发展的要求,对全国沙化土地治理进行了统筹规划、系统布局,提出了“保护优先、积极治理、适度开发”及“以大工程带动大发展,重点突破,整体推进”的治理思路。根据我国沙化土地现状,社会经济及自然状况,有针对性地采取防沙治沙措施。治沙的方法一般采用植物治沙、机械沙障和化学方法。

2.1 化学治理方法

2.1.1 化学固沙的种类及机理。

2.1.1.1 水泥、石灰。水泥和石灰均为水硬性胶凝材料。从化学作用来分析,水泥、石灰和沙无法胶结,它们只能填充沙漠沙颗粒间的孔隙,故固结主要靠水的作用。存在于水泥熟料中的各种化合物全都是无水的,但是当使之与水接触时则都能与水起化学变化或被水分解而形成水化物,生成的强碱中的游离钙离子又迅速与大量沙子中的酸性二氧化硅起作用,生成硅酸钙等稳定结晶物,因而粘结成为具有较高机械强度的刚硬壳层,以保护沙丘免遭风蚀。上述作用过程的开始至结束,意味着胶结的开始与结束。其反应式如下:



因此水泥固沙的过程实际上是 3 种物质的化学转化与结合的过程。

由于沙漠地区气候炎热干燥,沙面温度高,水泥浆喷洒在沙面上,其中的水分迅速蒸发,水泥由于缺乏足够的水分而无法完全水化,生成的水化产物量少,只能形成薄且强度很低的固结层。同时硬化的水泥浆体属于脆性材料,几乎没有柔性,在沙漠中受恶劣气候和沙丘迁移的影响,硬化水泥浆体很快就会干缩、龟裂,失去固沙和保水作用,所以现阶段很少单独使用水泥浆进行治沙,而在固定海岸沙丘方面水泥浆比其他材料优越。

石灰加固沙子的作用原理与水泥一样,是通过化学反应完成。石灰中含有大量的钙离子,碱性很强,而沙子的主要成分为酸性二氧化硅,理论上,拌合后就能结合,但若没有水作媒介反应无法进行,所以加水发生化学反应的过程即为胶结过程。

2.1.1.2 水玻璃。水玻璃固沙研究早在 20 世纪 60 年代初就已开始,在化学治沙中被广泛应用,美国、日本等国均认为水玻璃是一种优良的固沙材料^[6]。

采用模数为 2.6~3.5 的钠水玻璃或最佳模数为 3.8~4.0 的钾水玻璃,并以钙盐溶液(如 CaCl_2)为增强剂,将水玻

璃溶液渗透并填充到沙粒间隙中,与增强剂发生化学沉淀作用,生成难溶的硅酸钙。其化学变化为: $(\text{NaSiO}_3)_n + \text{Ca}^{2+} \rightarrow (\text{CaSiO}_3)_n + 2\text{Na}^+$

水玻璃是以硅氧四面体单元共用氧而相互联结的链状结构,但结构比较松散。增强剂中的 Ca^{2+} 比 Na^+ (K^+) 多带 1 个正电荷,它可以和 2 个非共用的氧离子相互吸引或联结而成内络盐,或和链状结构中任意 2 个靠近的共用的氧离子结合而成局部环状结构, (CaSiO_3) 固结层的机械强度增强,形成强而硬的保护结构。

水玻璃添加有机或无机材料复合固沙效果较好,但这种固沙对空气湿度有一定要求,一般应大于 50%,否则水玻璃会逐渐失水,固结层越来越脆,因此在特别干旱的沙区不宜采用。

2.1.1.3 石油类产品。石油类有原油、重油、沥青及乳化沥青等很多产品,而乳化沥青是世界各国应用在化学治沙工程中最广泛的材料。乳化沥青喷至沙面后,由于受沙粒的强烈吸附和电性作用,沥青被挡在沙面,形成一非连续固结层,由于蒸发作用逐渐变硬,以保护沙面免遭风蚀。石油化学工业的副产品作为固沙胶结材料,已进行了大量研究工作,我国和俄国、德国都已采用过^[7-10],现在看来该类产品的不足主要是形成的黑色固结层与大环境协调方面较差。

2.1.1.4 高分子高吸水树脂类固沙材料。高分子高吸水树脂类固沙材料由于其性能稳定、施工简便的特点而成为目前化学固沙材料的主要研究对象之一。该类材料的固沙原理是:其分子量很高,粘度较大,用它来固结沙漠,可使原本松散的沙粒胶结成较大的稳定体,并且其具有较好的韧性,能够起到固沙的作用。目前已开发出高吸水树脂有淀粉接枝丙烯酸腈、淀粉接枝聚丙烯酸类、纤维素类、聚丙烯酸盐类、醋酸乙酯类等。高分子高吸水树脂具有吸水保水性能优异、固结强度较高、粘结性好、固化迅速、保水性和耐水性好的特点,但因其抗老化性能差,易发生氧化,成本较高,生产工艺及原料有一定的局限性,故未能进行推广,不过它还是具备一定的发展潜力。

2.1.2 化学治沙的应用。有文献报道^[11]利用制浆废液制备高效、低成本的固沙材料,适用于所有制浆造纸厂,产品可用于荒漠化治理,潜在用户众多,市场前景良好;其次,年产 3.4 万 t 秸秆造纸厂实施木质素改性工程生产固沙材料,每年可新增产值约 1.2 亿元,实现利税 2 000 万~3 000 万元,这一优势在我国西部地区尤为显著;第三,预计固沙材料成本远低于其他有机或无机的聚合物固沙材料,价格优势明显,企业利润空间很大;第四,可充分利用我国丰富的秸秆原料资源,解决秸秆废弃物的高效综合利用及中小型秸秆制浆厂的废液污染问题,同时采用植物降解产物作固沙材料,使化学固沙和植被固沙相结合,有利于从根本上防治荒漠化。石油产品治沙的研究开始较早,随着高分子化学工业的迅速发展,现在开始越来越多地尝试用高分子材料,应用现代膜技术固沙,控制沙漠化扩展及沙尘暴的形成,这又开拓了化学治沙的另一个发展方向。然而对高分子材料的研究开展较

晚,且大多集中在宏观力学特性方面,治沙机制的研究还较少^[12-14]。化学治沙理论不够完善,这也在一定程度上影响了化学治沙方法的发展速度。

2.1.3 化学治沙局限性。采用化学方法固沙,因采用高分子化学剂等化学措施,由于化学剂带有毒性或者不易降解,容易对环境产生污染;且化学剂造价昂贵、治标不治本。

2.2 植物固沙 植物固沙也被称为生物治沙,主要是通过封育、营造沙生植物的手段,进行人工恢复和改善相应的沙区生态环境,而采取的积极措施。植物固沙技术是目前沙地治理中最普遍的技术,具有持久、有效、稳定等特点。植物固沙技术适合在新疆、甘肃、内蒙古等地推广应用,它可以补充完善中国目前采用的“乔、灌、草”结合的防风固沙生态体系,尤其适合西北荒漠化地区的地表生态恢复^[15]。

2.2.1 植物固沙树种选择。固沙树种的选择要求具备耐干旱、耐脊薄、耐高温、抗风蚀、耐沙埋等特点,主要有新疆杨、樟子松、沙地柏、花棒、踏郎、沙柳、柠条、紫穗槐等^[16]。植物固沙包括种草和种植乔、灌木。草本植物能够适应较差的自然条件,易于生长,但寿命不长;灌木适应性强;乔木树干高大,防风能力强,但一般需要较好的水分条件才能成活生长。因此,理想的植物固沙是草、灌、乔相结合,取长补短,以达到最大的防风固沙效果。

2.2.2 植物固沙类型。植物之所以能固定流沙,一是在于沙生植物具有发达的根系,能固结其周围的沙粒,加之枯枝落叶的堆积,腐烂后有利于有机质的聚集,促进沙的成土作用,改变沙地性质,使流沙趋向固定;二是由于在沙丘上栽种植物后,增加了地表的粗糙度,因而也就增加了对风的阻办,降低风速,消弱与抑制了风沙流活动。其主要措施类型有:封沙育林育草、平缓沙地造林、防风固沙林、农田防护林等。

2.3 工程措施

2.3.1 建立防护林。改造和利用沙漠的前提是:大量建造防护林带。以有效挡住强风、狂风以及风流沙和沙尘暴。然后在防护林带的保护下,可推展沙产业来增加地面植被,改造和利用沙漠,防止沙漠化的进一步扩散^[15]。由宁夏灵武白芨滩国家级自然保护区管理局承担了“黄河中游防护林建设项目”实施地点位于黄河中游、毛乌素沙漠边缘的宁夏灵武、盐池、陶乐3市县的沙区,将使宁夏4 281 hm²沙漠变为绿洲,使沙区100多万农民受益。其中的“灵武市白芨滩大泉国家级自然保护区项目”,植被覆盖度由治理前的不足10%提高到现在的50%以上,造林区内微环境质量明显改善^[17]。我国的三北防护林,也已卓见成效。

2.3.2 机械固沙。在流动沙地上设置各种风障或覆盖物,阻止沙子的流失与搬运。机械固沙是治理流性较大风沙地的首要措施,在沙丘迎风坡1/3以上地段,与主风向垂直方向上搭设风障,降低风速,阻止沙子移动,然后,再用植物措施使流动沙地得到治理。风障类型有多种,最广泛应用的是草方格沙障和沙蒿活风障。同时,地面覆盖物如杂草、黄土、石子等也得到很好的应用,大面积防风固沙工程中,沙蒿活障蔽最好,它既能降低风速,又能固定流沙也可以给其他植

物的定居创造良好的生存环境。覆盖物固沙常用在小面积治沙工程中,如铁路、公路防沙固沙,效果十分显著。通过试验,5年后植被发生了明显的变化,在实行机械固沙措施后,植物种类增加10倍以上,植被盖度增加5倍多,地表结皮层也逐渐形成。我国各地在沙区初步建立起沙区的无公害生产基地,但产投比例较小,因此,划沙区资源的开发与利用有待于进一步研究探索,特别是植物资源的开发与利用,草场资源的开发与利用,都将作为沙区经济建设的重点项目。陕北沙区从20世纪50年代开始大力植树造林,防沙治沙,取得了不少的经验 and 成绩^[18]。

2.3.3 引水拉沙。引水拉沙的主要条件是水源。榆林沙区地域辽阔,水资源十分丰富,境内有窟野、秃尾、榆溪、清水、红柳、芦河等大河流6条,流域面积14 700 km²,另外还有新桥、旧城、河口大型水库和榆东、红海、西沙、定惠等干渠。区内还有大小海子200多个,最大的红碱淖海子面积5.4 km²,蓄水5亿m³,而且沙区下湿地地较多,地下水埋藏浅,水质好,水源足。这都为大面积引水拉沙造田创造了有利条件。引水拉沙工程主要有引水渠、冲沙壕、围埂或沙坝、退水口等;冲沙壕经黄土段采取窄深式引渠,边坡1:1;纯沙地采取宽浅式梯形断面,底宽为水深的2~3倍,边坡采用1:(1.5~2.0)。为加快流速,避免冲沙壕淤积,引水渠道比降一般应为1/500。榆林西沙农场采用引水拉沙、垫土压沙等措施,使大面积沙丘恢复了生产能力,由原来几乎寸草不生到年产玉米3 750~5 625 kg/hm²^[19]。

3 与农业发展相结合的毛乌素沙地治理新模式

防沙、治沙是一项长期的、复杂的系统工程。沙漠化防治不但要遵循自然规律,更要促进当地经济发展,增加农民收入。因为农村经济发展是西部地区生态环境建设的目标之一,只有农村经济的发展,才能保证生态建设的顺利进行,才能使沙漠化治理具有广泛的群众基础^[20]。因此,在整治沙漠化过程中需要将农业与生态相结合,紧紧抓住西部大开发这一历史机遇,制定整体的治理方案,在方案中,应将保护、治理、科技、政策等有机结合起来,提出新思路,建立新机制来推动沙漠治理工作。笔者认为在治理沙漠化的过程中应从以下几方面发展农业。

3.1 选择合适的种植模式 选择适合沙区的农业模式至关重要,卢云亭等^[21]提出建立集观光旅游、高效节能、改善环境为一体的生态农业;王林和等^[22]指出,在沙漠化地区发展农业,会增加植物的蒸腾量,而依靠降水量补给又不可能,这就必然会引起地下水的下降,因此必须选择科学合理的灌溉方式。研究表明,滴灌、渗灌和喷灌非常适宜于沙地,它比传统的灌溉方法可节约50%的水量,且滴灌系统很适宜小范围的土地,具有节水控盐的优点,成本也比较低,而且可使作物增产,对于农牧民来说既经济又适用;吴薇^[23]提出在整治沙漠化的过程中,需要多种土地利用方式,彼此之间互为支持和补充,如可以体现为农林牧之间、不同类型作物合理配置与轮作、农业与非农业经济活动等,构成一个具有整体多功能的生产系统;赵延宁等^[24]提出结合当地的降水和气候特

点,根据不同的立地条件,划分不同的土地利用类型,因地制宜地建立防治和利用模式,固定流沙,充分利用沙地的水、土、热等资源,发展沙产业,这样不仅能够改善生态环境,还可以促进经济发展,增加农民收入;张永民等^[25]提出,在文化和经济方面对放牧和农耕这两种土地利用方式进行整合,一方面可以利用种植的草料和收割后的作物秸秆来补充因气候变异造成的年内或年际草料匮乏期的饲料需求,从而减轻牧场的牲畜压力;另一方面,在干旱季节,夜间将牲畜留在农田放养,牲畜所留下的粪便还可以提高农田肥力。

3.2 增加科技、经济和政策投入 目前世界农业发展的总趋势之一就是各种高新技术迅速应用于农业生产^[26]。郑元润^[27]提出在沙漠化地区发展高投入高产出的复合生态经济农牧业,可以最大限度地提高土地的生产力,以最小面积的土地高质量地养育大量的人口,把大量的土地解放出来,在自然或少量辅以人为干预的情况下使大量荒漠化土地得以恢复;赵世坤等^[28]提出在沙区利用一定设施和工程技术手段改变自然环境,发展集约化生产的现代农业,按动植物生长、发育要求的最佳环境,以最少的资源投入获取最大的经济效益;董文^[29]提出利用现代生物科学技术,再加上水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术,在沙漠、戈壁开发出新的“农工贸一体化”生产基地;赵昕等^[30]提出在沙区建立现代干旱区高科技农业园区,利用基因工程对植物进行驯化,筛选出高产、抗旱的优势品种,从而推动高新技术的应用,促成科技界与产业界的合作,促进科技成果的产业化、商品化和国际化。

3.3 发展特色农业,延伸产业链 在沙区发展农业就要充分利用沙地独特的光热资源,进行反季节温室特色果蔬产业,以企业为龙头,联结农户共同参与,以本地销售为主,外销为辅助,利用沙区独特的地理优势,重点开发绿色无公害特色果蔬品牌,带动区域产业的发展。

同时要明确,只有延伸其产业链,才能提高农业生态园区产品的竞争能力。因此,可以通过引进先进的生产技术和加工设备,对生产的初级产品进行加工,提高其产品附加值,如选择黄土高原独特的杂粮、杂豆和薯类,如谷子、糜子、荞麦、绿豆、马铃薯等,利用本区较好的自然条件,按照绿色有机食品标准生产和加工,形成特色农业。

4 结论

毛乌素沙地治理任重而道远,实际治理中应多中措施相互补充、相互配合,根据地理特点,制订综合治理方法,协调处理好系统内的农业、畜牧业、林业、能源开发工业等的关系,构建以防护型生态结构、节水型种植结构、稳定型畜牧结构和效益型农业产业结构为中心内容的沙地脆弱性农业生

态系统优化模式体系,使生态系统向更加稳定、健康的方向发展。

参考文献

- [1] 郭凯先,孙广春,刘得俊,等. 青海湖周边流动沙丘化学治沙效果初探[J]. 青海大学学报:自然科学版,2011,29(5):21-23.
- [2] 铁生年,李星,李均珩. 青海湖周边地区沙化现状和治理措施[J]. 青海科技,2009(1):22.
- [3] 何东宁,赵鸿彬,张登山,等. 青海湖盆地沙地特征及风沙化趋势[J]. 地理科学,1993,13(4):382-388.
- [4] 龚维,李俊,姚源,等. 毛乌素沙地现状、成因及治理对策[J]. 防护林科技,2009(3):73-74.
- [5] 迟富新. 毛乌素沙地成因及治理浅谈[J]. 现代园艺,2011(19):96.
- [6] 朱震达,赵兴梁,凌裕泉. 治沙工程学[M]. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- [7] 中国科学院沙漠研究所沙坡头科学研究所. 腾格里沙漠沙坡头地区流沙治理研究[M]. 银川:宁夏人民出版社,1988.
- [8] 丁向南. 渣油乳液结合植物固沙的试验研究[J]. 中国沙漠,1992,12(1):47-52.
- [9] 法济洛夫. 胶结剂固定流沙[M]. 北京:石油工业出版社,1991.
- [10] 胡孟春. 独联体利用有机粘剂固定流沙现状[J]. 世界沙漠研究,1993(2):47-51.
- [11] 王汉杰. 西部开发与生态建设[J]. 科学,2002(6):1.
- [12] 王银梅. 化学治沙作用的机理研究[J]. 灾害学,2008,23(3):32-35.
- [12] 王银梅,孙冠平,谌文武,等. SH 固沙剂固化沙体的强度特征[J]. 岩石力学与工程学报,2003,22(S2):2883-2887.
- [13] 李建法,周永红,王占军,等. 改性亚硫酸盐制浆废液对沙土结构的作用研究[J]. 林产化学与工业,2003,23(3):1-5.
- [14] 周明吉,周玉生,孙加亮,等. 我国固沙材料研究及应用现状[J]. 材料导报,2012,26(Z1):332-334.
- [15] 赵晓彬,苏世平,符亚儒. 榆林沙区低效防风固沙林更新改造技术研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):104-106.
- [16] 严隽森. 以漩涡塔阵建立速成及高效益的人工防护林带化整片沙漠为大片绿地[J]. 中国工程科学,2003,5(5):24-30.
- [17] 王兴东,王才,马宝山,等. 毛乌素沙地防护林建设经验浅析——以宁夏灵武大泉项目区为例[J]. 宁夏农林科技,2010(6):57-59.
- [18] 杨伟,王晓云. 陕北沙区综合治理技术措施[J]. 干旱区研究,1999,16(4):69-71.
- [19] 胡宏飞. 引水拉沙造田及土壤改良利用技术[J]. 中国水土保持,2003(9):32.
- [20] 郝高建,赵先贵,赵昕. 毛乌素沙地南缘土地沙漠化防治中的新思路[J]. 国土与自然资源研究,2003(4):49-50.
- [21] 卢云亭,刘军萍. 观光农业[M]. 北京:人民出版社,1995.
- [22] 王林和,姚洪林. 沙地治理与利用的现实途径——毛乌素沙地中日合作研究综述[J]. 内蒙古林学院学报:自然科学版,1995,17(4):1-7.
- [23] 吴薇. 毛乌素沙地沙漠化过程及其整治对策[J]. 中国生态农业学报,2001,9(3):15-18.
- [24] 赵延宁,丁国栋,王秀茹,等. 中国防沙治沙主要模式[J]. 水土保持研究,2003,9(3):118.
- [25] 张永民,赵士洞. 全球荒漠化的现状、未来情景及防治对策[J]. 地球科学进展,2008,23(3):306-311.
- [26] 钱晓华. 推进农业与农业机械结合加快实现农业现代化步伐[J]. 中国农机化,1996(2):13-14.
- [27] 郑元润. 高效持续防治荒漠化新途径初探——毛乌素沙地“三圈”模式的理论与实践[J]. 林业科技管理,1998(2):20-21.
- [28] 赵世坤,薛启荣. 加快发展设施农业推动农业科技革命[J]. 云南科技管理,2001,24(1):3-6.
- [29] 董文. 毛乌素沙地治理新思路[J]. 水土保持研究,2009,16(1):102-106.
- [30] 赵昕,任志远. 榆林毛乌素沙地农业生态科技园建设初探[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(5):151-156.

(上接第108页)

- [18] KOLB B, FORGIE M, GIBB R, et al. Age, experience and the changing brain[J]. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 1998,22:143-159.
- [19] HILL TC, ZITO K. LTP-induced long-term stabilization of individual nascent dendritic spines[J]. The Journal of Neuroscience: the Official

Journal of the Society for Neuroscience, 2013,33:678-686.

- [20] KUTSUWADA T, SAKIMURA K, MANABE T, et al. Impairment of suckling response, trigeminal neuronal pattern formation, and hippocampal LTD in NMDA receptor epsilon 2 subunit mutant mice[J]. Neuron, 1996,16:333-344.