

中国农业科学院

硕士学位论文

内蒙古乌兰布和沙漠防风固沙林模式及效果研究

姓名：孟乐

申请学位级别：硕士

专业：农村与区域发展

指导教师：孙启忠

20070601

摘 要

乌兰布和沙漠生态环境恶化是近年来华北和北京地区沙尘暴发生的主要策源地。磴口县位于乌兰布和沙漠东北缘，土壤质地松散、沙性大，植被稀疏，裸露面大，风害严重。特别是进入六十年代以来，乌兰布和沙漠在防护林不配套的情况下大规模开垦，古黄河的冲积粘土在大风的吹蚀下形成沙尘暴，不仅使当地生态环境受到破坏，而且对整个华北的生态环境造成严重影响，人民的生产、生活受到影响。尤其是首都北京，沙尘日和降尘日在逐年增加，日本和朝鲜半岛也发现了来自内蒙古的沙尘物质。阿拉善高原东南部有贺兰山，其高大的山体 and 森林植被对沙尘暴起到了一定的阻挡作用，大大地遏制了沙尘暴的前进和蔓延的势头。但是东北部的乌兰布和沙漠却没有任何屏障，正好在贺兰山和狼山两大山体中间，形成一个大风口，风力加剧，沙尘暴更加频繁，每年发生沙尘暴日 20 天，扬沙日 79.6 天，沙尘暴可以从这里长驱直入华北地区，成为西北沙尘暴的主要发源地。当然，如果乌兰布和沙漠得到全面绿化，这里也将成为阿拉善沙尘暴吹向华北，吹向北京的最后一道防线。

本文通过对乌兰布和沙漠北部所划定的试验区进行了调查、试验、取样。通过对防风固沙林是阻止流沙蔓延和沙漠扩展进行调查，并通过对沙区适应性植物种进行抗旱性、抗沙埋、抗风蚀试验，得出最适宜本地区所栽植的植物种，为了寻求适于乌兰布和沙漠地区的防风固沙林最佳模式，本文通过对试验区内防风固沙配置类型进行效果测定，同时对防风固沙过程中所产生的生态和经济效益进行了测定。得出阻固沙片林是乌兰布和沙区最适宜栽植的一种林带配置模式。同时提出各种防沙林带对于不同地理环境所产生的不同效果。本文最终提出的造林配置沙障以及造林时间问题令人深思，对于全文提出的防风固沙林模式研究，对于提高沙漠荒漠治理，加快地区生态建设步伐，将发挥积极的推动作用。

关键词：防风固沙林、模式、沙漠、固沙效果

Abstract

Ecological environment deterioration of Wulanbuhe Desert is the main cause of the sandstorms in North China and Beijing. The desert has been exploited on a large scale without a complete forest belt since the 1960s. The alluvial soil from Yellow River is eroded by strong winds, and thus causes sandstorms. It affects seriously the whole North China as well as local ecological environment. The production and life of the residents are influenced as well. Especially in the capital of Beijing, the probability of sandstorm is increasing year by year. What's worse, the sandy substances from Inner Mongolia have even been found in Japan and Korean peninsula. To the Southeast of the Alaskan Plateau lies the Helen Mountains, whose height and the vegetation on it can to some extent prevent sandstorms from spreading. However, to the northeast, there's not a single natural barrier around. It lies just between the Helen Mountains and the Lang Mountain, forming a mountain pass, where a wind blows fiercely and as a consequence, sandstorms occur frequently. We have to suffer sandstorms 20 days a year and a cloud of dust for 79.6 days. And it is just the place for sandstorms to extend directly to the whole North China and hence becomes the source of the sandstorms in the Northwest. Only when we afforest Wulanbuhe Desert can we prevent sandstorms from spreading to the whole North China and Beijing.

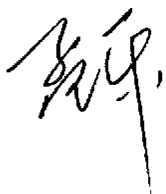
The tractate is based on the Ulan Buh Desert and the northern part of the delineated area of the pilot survey, testing, sampling. The Wind Break and Sand Fixation Forest System is to stop the spread of desert expansion. The tractate contains the investigation and above cases. Meanwhile it describes the most suitable for the planting area of the plant species through a series of Sand adaptive plant species for drought, sand-buried, anti-erosion test. In order to find out the best and suitable model of the wind break and sand fixation forest in Ulan Buh Desert, the paper is based on the test of wind-allocation type of effect in the experimental area and the ecological and economic benefits generated in the process of the wind break and sand fixation. Sand-fixation and resistance forest is the most suitable to be planted as a windbreak configuration mode in the Ulan Buh Desert. Meanwhile it also points out that various windbreak forests have different effects on the different geographical environment. In this paper, the ultimate configuration of a forestation and reforestation sand barrier is the issue to ponder. The study of windbreak and sand-fixation configuration mode mentioned in the paper will play a positive role for raising the desert desertification control and accelerate the pace of regional ecological construction.

Key words: Windproof dune-fixing forest, Pattern, Desert, Solid sand effect

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知,除了文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得中国农业科学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名:



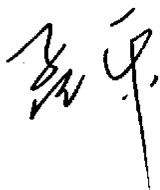
时间: 2007 年 6 月 18 日

关于论文使用授权的声明

本人完全了解中国农业科学院有关保留、使用学位论文的规定,即:中国农业科学院有权保留送交论文的复印件和磁盘,允许论文被查阅和借阅,可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国农业科学院可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名:



时间:

2007 年 6 月 18 日

导师签名:



时间:

2007 年 6 月 18 日

第一章 引言

1.1 研究的目的和意义

乌兰布和沙漠生态环境恶化是近年来华北和北京地区沙尘暴发生的主要策源地。乌兰布和沙漠是阿拉善高原的一部分，位于高原的东北部，以古代黄河冲积物为主，与阿拉善高原的腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠相比其物质组成细，粉尘物质多，产生沙尘暴的机会更大。特别是进入六十年代以来，乌兰布和沙漠在防护林不配套的情况下大规模开垦，古黄河的冲积粘土在大风的吹蚀下形成沙尘暴，不仅使当地生态环境受到破坏（例如 1993 年 5 月的特大沙尘暴，横跨 3300 公里，覆盖面 1000 平方公里以上，阿拉善地区 80% 土地遭受风蚀，40% 草地风蚀表土 10 厘米，胡杨林被毁 20 万株，约 13 万公顷梭梭林只有 30% 残存，270 公里路面被风蚀），而且对整个华北的生态环境造成严重影响，人民的生产、生活受到影响。尤其是首都北京，沙尘日和降尘日在逐年增加，日本和朝鲜半岛也发现了来自内蒙古的沙尘物质。阿拉善高原东南部有贺兰山，其高大的山体 and 森林植被对沙尘暴起到了一定的阻挡作用，大大地遏制了沙尘暴的前进和蔓延的势头。但是东北部的乌兰布和沙漠却没有任何屏障，正好在贺兰山和狼山两大山体中间，形成一个大风口，风力加剧，沙尘暴更加频繁，每年发生沙尘暴日 20 天，扬沙日 79.6 天，沙尘暴可以从这里长驱直入华北地区，成为西北沙尘暴的主要发源地。当然，如果乌兰布和沙漠得到全面绿化，这里也将成为阿拉善沙尘暴吹向华北，吹向北京的最后一道防线。

乌兰布和沙漠是阿拉善荒漠的前沿，是河套平原的主要风沙危害的源头，也是阿拉善沙尘暴的主要物质源。因此是中国荒漠化防治重点地区^[1]。防风固沙林是阻止流沙蔓延和沙漠扩展，加速沙漠植被建设的必然措施。为了寻求适于乌兰布和沙漠地区的防风固沙林最佳模式，本研究通过对树种选择、配置类型和防风效益等进行了系统的考察和实验，进一步揭示了流沙立地环境条件，确定了适宜优化模式林的树种和不同地类的优化配置类型，并根据当地自然特点，风沙活动和水资源等，提出固沙片林、窄带多带式 and 乔灌结合宽带式等防风固沙林优化模式。这对于加快沙漠荒漠治理，提高乌兰布和沙区造林成活率，促进国家西部大开发战略的顺利实施，将发挥积极的推动作用。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国内现状

中国是沙漠化危害比较严重的国家之一。从 20 世纪 50 年代开始，我国在广大的沙地、沙漠开展了大规模的绿色植被建设，并有效地防止了区域沙漠化^[2]的进展，取得了丰富的理论和实践经验，并创造了许多先进、适用技术，研究成果举世瞩目。纵观中国治沙历史，可以划分为以下几个阶段。

1.2.1.1 对沙漠的一般考察和研究阶段

1844 年法国传教士格龙支来我国进行沙漠考察, 1857 年发表有关乌兰布和沙漠自然特征的简报, 以后国外学者、旅行家、冒险家多次进行沙漠考察, 并带走了很多珍贵的文物和资料。我国学者进行沙漠研究较晚, 1926 年才见到冯景兰、陈世灿、袁复礼、冷亮等人的文章。新中国成立前, 1943 年设立水土保持试验区时, 将防沙归入其中。此处, 华北林业试验场指定研究防沙林、防洪林和海岸防风林等。

1.2.1.2 沙区防护林建设与总结群众治沙经验阶段

1949 年新中国成立后, 面对西北、东北、内蒙古、河北、河南等地区严重的风沙危害, 成立了冀西沙荒造林局和西北林业局, 并进行了大规模的造林运动。总结出了冀西乔灌混交治理沙丘; 陕北优良灌木沙蒿沙柳固沙, 创造了沙蒿野生苗移栽法和沙蒿、沙柳活沙障; 豫东种草固沙; 内蒙古伊克昭盟旱柳高干造林; “前挡后拉”固沙法在毛乌素沙地进一步完善。1954-1956 年章古台试验站开始沙地樟子松引种造林试验。

1.2.1.3 治沙定位试验和沙漠综合考察阶段

20 世纪 50 年代以后, 中国治沙工作走向高潮。先后成立了宁夏中卫沙坡头试验站, 内蒙古达拉特旗展旦召治沙站、陕西榆林红石峡试验站等。1957 年中科院组织黄河中游考察队固沙分队在内蒙古、陕西、宁夏等地区进行沙漠考察^[29]。1958 年在呼和浩特召开了全国第一次治沙工作会议, 确定了我国的治沙方针, “因地制宜, 生物措施与工程措施相结合, 大量造林种草与保护巩固现有植被相结合”。1959 年中科院成立治沙队, 并与科研单位和高校协作, 对我国各大沙漠和沙地进行了 3 年的综合考察^[11]。1960 年内蒙古林学院成立了治沙专业。至此, 我国基本形成了科研、生产、教学三支力量, 为我国防沙治沙事业的发展奠定了基础。

1.2.1.4 治沙研究工作的低潮阶段

20 世纪 60-70 年代, 由于多种原因, 我国的防沙治沙工作基本处于停止阶段。

1.2.1.5 治沙研究的恢复和发展阶段

党的十一届三中全会以后, 拨乱反正, 我国防沙治沙工作也逐步得到恢复和发展。并在全面总结以往工作的基础上, 陆续出版了一些专著, 促进了治沙事业的发展。组织全国科研单位进行大协作, 恢复和开展了沙区飞播试验研究。并开辟了新的研究领域。朱震达、刘恕等通过大量的野外调查和介绍国外的研究工作, 使社会接受了“沙漠化的威胁”这一客观现实^[3]。1978 年新疆提出了“建立防护林体系”的新观念, 从整体的系统观, 开拓了治沙工作的领域^[4]。

1.2.1.6 治沙工作的大发展阶段

随着我国现代化进程的加快,综合国力的增强,以及国内外社会对生态环境的关注和可持续发展战略的实施,特别是国际《沙漠化公约》的签定,防沙治沙的国际合作框架基本形成,极大地促进了我国防沙治沙工作的进展。

在沙漠形成、演变、成因、发展规律和治理区划、土壤风蚀风洞模拟、沙地水量平衡、植物生理生态、土壤养分、生态系统生产力、风沙移动规律等方面进行了大量的基础性研究。特别是近十几年来在风沙物理、沙漠形成演化和气候关系、沙漠化土地监测与评价、沙漠化与植被演替和景观生态学的研究、沙漠化土地生态系统的影响研究,以及沙漠化地区水资源利用和持续发展研究等诸多方面均有取得了明显的进展,但是在风沙物理和沙漠环境关系的基础研究、沙漠化地区恢复生态学基础研究以及沙漠化逆过程和沙漠化土地植被盖度、持续发展等方面的研究基础薄弱。

1.2.1.7 防沙治沙研究现状

土地沙漠化是全球首要的环境问题^[14],并成为人类社会实现可持续发展战略最严重的障碍。因此,各国政府都非常重视沙漠化研究,并根据人文和自然经济条件开展了卓有成效的防沙治沙工作,突出表现是国际上关于土地沙漠化的研究十分活跃,并成为国际科学研究的学科生长点。

目前世界沙漠化研究的总趋势:在基础研究方面,以全球变化与土地沙漠化为主,包括生物多样性保护等领域;在应用技术方面,侧重预防和治理实用技术的开发,以实现可持续发展。随着“3S”技术和网络技术的普及^[8],目前沙漠化监测与评价、监测网络建设等领域成为沙漠化研究的一大热点和技术核心。

国际上,土地沙漠化研究趋势从植物个体深入到植物群落和生态系统水平,并将沙漠化与全球气候变化紧密结合,探求沙漠化的响应机制和贡献。

1.2.1.8 乌兰布和沙漠历史时期生态环境的变化

根据中国科学院兰州沙漠研究所朱震达、刘恕同志编写的“历史时期我国沙漠的变化”中论述,乌兰布和沙漠北部地区原是黄河的冲积平原、自第四世纪以来,在黄河东移过程中,形成有深厚的洪积、冲积与湖积平原。现在这一带土壤是以沙土与粘土互层为主的地层,正是黄河冲积与湖积的表层沉积物。近代的风沙丘是近一千多年所逐渐形成的。公元前 266 年—公元 24 年,在汉朝时期,为了保卫黄河中上游一带农业生产不受匈奴的干扰和劫掠,曾在乌兰布和沙漠北部地区,设置窥浑、临戎、三封等郡县,内地移民不断增加,大规模农垦活动由是而起,一度是“人民炽盛”,“牛马布野”的富庶农垦区。但自东汉以后,由于匈奴继续南侵,边郡居民安定局势遭受破坏,出现了农牧交错现象,长期经营的垦区,最后被放弃,造成田野荒芜。已被破坏的古黄河冲积平原,极易遭受强烈的风蚀,以致下覆层暴露地表,经风吹扬遂成流动沙丘。在北宋时期,这里已是沙深三尺,在流动沙丘上生长有沙生先锋植物沙米,生长茂盛,说明这里是流沙初起阶段。到清朝初期,黄河两岸沿有蒲草、红柳、锦鸡儿等,在固沙沙丘上形成灌丛,但清末以来,由于滥行砍伐和过渡放牧,又导致这一地区流沙泛滥,沙漠不断扩大,引起生态环境的变化,人

类活动起了主导作用。

1.2.1.9 乌兰布和沙漠近代生态环境的变化

乌兰布和沙漠在近代期间,生态环境在自然条件下基本上保持低水平的相对平衡。即绿色植物量少,生长季短,生产力低,但自然消费者量也少(动物少,消费量低,土壤微生物量也少,分解较慢,在这种情况下,沙区地广人稀,人类社会活动量少),再加之沙区牧民自古有爱护草场的习惯,所以沙区生态系统基本上能保持相对平衡,但人类不能满足于这种低级的平衡,解放后,随着社会主义建设的发展,乌兰布和沙漠北部地区逐渐开发利用,以期变生产力很低的沙漠生态环境为新型人造沙区森林生态系统,充分利用沙区特有的光热能量,提高沙区生物生产力,为经济建设提供农、牧、林业产品。调节气候,改善环境。自1958年以来,乌兰布和沙漠北部地区,控制灌溉面积40多万亩,现有林地10万余亩,开荒造田17万亩,现有耕地15万亩,取得了一定的成绩。

通过二十多年的实践经验表明,对乌兰布和沙区的开发利用存在着许多值得重视,值得研究的问题,主要有以下几个方面。

(1) 植被遭到破坏,生态系统失调

在乌兰布和沙漠东北前沿地带,第一条防沙林带内侧,原为闻名的10里封沙育草区,天然植被繁生得相当稠密,连同林带一起为河套西南缘形成一道保护屏障,由于放松管理,天然植被遭到严重破坏,使流沙不断扩大。在沙漠之中,自1969年大规模农垦以来,由于不合理开垦和打柴,破坏沙生植被现象就更为严重。新垦17万亩荒地中,弃耕地达6万多亩,原有的沙生植被一扫而光,风沙活动加剧,风蚀增强。

乌兰布和沙漠的天然梭梭林总面积约有100万亩,由于无计划的樵采,现已残留无几,如吉兰太附近原有梭梭林84万亩,现只有24万亩、敖伦布魯格公社的梭梭林几乎被砍光。使原来较稳定的森林生态系统失去平衡,重新沙化,造成气候条件、植物环境日趋恶劣。

(2) 土地趋向于盐碱化

乌兰布和沙漠北部地下水位普遍上升到1—2米,水面日益增大,渠道渗漏严重。耕地每亩用水量甚至高达一千立方米,因跑水和退水有大量的多余水漫流到各片垦区四周地带,这就促使灌区次生盐渍化的急剧发展。在灌区下游的太阳庙、包尔套勒盖、巴彦套海等农场,土地碱化尤为严重。整个北部先后弃耕地约达10万亩,一半以上就是盐渍化了,现耕地15万亩左右,盐渍化或趋向于盐渍化的土地近占三分之一。

(3) 坚持以农为主的经营方针,对沙区生态环境的影响

1958年在沙区东北部建立了东青梁农场,开垦万亩,单产不足60斤,当年投资一百余万元,1959年总结了经验,改为哈腾套海林场,以林为主,林粮结合,多种经营,综合利用,每年造林万亩以上,1966年林地面积已达5万亩,每年粮食120万斤,基本自给。

1958年在沙区北部建立了包尔盖农场,以农为主,据1964年统计,开荒2.8万亩,种地2.2万亩,单产91.7斤,1976年统计,单产只有93.5斤,林地1.3万亩,弃耕地6100亩。只顾开荒不重视造林,必然引起沙化和盐碱化。开垦地以外的沙区植被,如梭梭、冬青、坝王、红砂由于索取燃料而遭到破坏,造成牧业草场紧张,生态失调。

这两个单位在 1969 年都划归内蒙古生产建设兵团,坚持以农为主,以粮为纲的经营方针,已建成的人工森林生态环境遭到了严重破坏,大量毁林开荒,如原哈腾套海林场第四作业区改成一团二连,1969 年就将 4000 亩沙枣成林一砍而光,加之整个森林环境长期不管理,干旱、水淹、病虫等灾害蔓延,树木多年不长,退化,死亡。由于不按具体情况,强调以农为主,以粮为纲,弄得宜林不林、宜牧不牧,不但不能扬其所长,反而趋其所短,结果是破坏了生态平衡。

(4) 落后的造林技术,对沙区森林环境的影响

造林六项基本措施是我国造林事业的经验总结,至今也仍然显示它的正确性。但是如何理解,如何科学的贯彻,是造林工作的关键。比如,关于合理密植,究竟那样种树、那种林种、株行距多大才算合理,至今仍无统一认识,现行的技术规程所规定的造林密度却延续了二十多年,所带来的后果就是违背了科学规律,受到了大自然的惩罚。乌兰布和沙区 1958 年以来营造的 10 万亩林(保存数),林地当中 90% 的生长不良,多为“小老头”树,只有渠埂、堰道林生长良好,只占造林总数的 10%。过去调查形成“小老头”树的原因:主要是不合理灌溉,旱涝不均,地下水位上升,次生盐渍化,树种选择不当,病虫危害,人畜破坏等等。根据我们现在调查结果,上述原因有一定的关系,但造林密度是关键,由于太密,单位株营养面积过小,根系互相盘结,地下养分供不应求,随着树龄的增大,养份愈显危机,生长渐慢,树势衰退,病虫乘机而入,造成林木生长恶化。

诸如:树种选择、造林方式、混交方式等等,都一直按旧规程,无改革与创新,缺乏科学的规划,科学的管理,科学的造林技术。由于科技工作的落后,沙区新型的森林生态系统不能迅速的建立起来。

1.2.2 国外现状

世界各国治沙工作已有 600 多年的历史,并且经历了海岸沙地造林、植物治沙和综合治沙 3 个阶段。

1.2.2.1 海岸治沙造林阶段

世界上的治沙造林工作,最早出现在欧洲中部的沿海国家。1316 年德国开始在海岸沙地造林,1660 年丹麦、1709 年匈牙利等也先后开始海岸沙地造林,但多因未先固沙而失败。1768 年德国人 J. D. 提丘斯首次从理论上提出造林治沙,认为“惟一的根本防治方法,就是种植针叶树和刺槐,以恢复过去的森林”,提出“在靠海的一边,设置同人身高度相等的沙障,以防止飞沙,而在内侧直播刺槐种子,并栽植松树和杉松等苗木”。可以说, J. D. 提丘斯提出的论点是一个划时代的发现,而且一直是治沙工作的重要依据[9],并且为 200 多年的实践所证实。1770 年奥地利、1779 年法国等也开始进行海岸固沙造林,并逐渐出现了各种不同类型、不同材料的沙障。所以说,沙障是沙地造林中出现的独特形式,并挽救了流沙上的造林事业,使沙地造林成活率有了保证。

海岸治沙造林历史延续了 400 多年,取得的三大成绩是从理论上提出造林恢复沙地植被,治理流沙;创造了沙丘造林的特殊方式—配置沙障;筛选出了对沙地适应性强的松树进行沙地造林。

1.2.2.2 植物治沙阶段

19—20 世纪中期,前苏联、美国、英国等继续前一阶段的固沙造林成果,向纵深发展,治沙工作有了新的内容。

1808 年前苏联在欧洲草原地带的河岸沙地开始固沙造林。对阔叶树种的试验表明:“沙地上所栽植的榆树、白杨、橡树生产了不好的结果”,“19 世纪末,最初认为杨树和刺槐不仅能够固沙,而且也能够形成生产性林分,但近百年试验证明,沙丘上的杨树不仅很少生产性,而且也不长寿”。1880 年帝俄修筑里海铁路,因线路常受到沙埋而开始灌木固沙工作,栽植梭梭、沙拐枣、碱柴等获得成功。

1826 年,美国开始在大西洋沿岸进行固沙。主要措施是网状栽植海岸草,结合施肥固定流沙,然后进行松树造林;种草固沙是美国特色,并连续使用了 100 多年,可以说,历史悠久,成效显著。

这一阶段经历了近 150 年。沙障、沙地栽植松树得到了进一步发展,种草固沙成效显著,而且,灌木固沙成为草原地区的特色。栽植树种也由乔木发展到乔、灌、草结合的植物固沙阶段。世界治沙中心也由中欧发展到苏联。

1.2.2.3 综合治沙阶段

20 世纪 50 年代,世界各国都广泛开展了防沙治沙工作,并且随着国际交往的增多,学术活动频繁,带来了治沙事业的迅速发展。

美国主要是采取天然封育、保护当地植被种类等措施。前苏联主要采取以水资源开发为重点的土地开发模式。以色列则以节水技术开发研究为重点,创造了沙漠化防治和水资源合理利用与经济发展的世界范例。沙特阿拉伯则主要是围绕保护沙漠中的绿洲开展造林固沙。印度采取带状配置造林,50m 一带,造林株行距 5×5m,带间 50m 种草或灌木、乔灌或乔灌草结合,以构成防护林体系。14 年后多数地区的收益大于投资,技术得到肯定。

在造林配置上,前苏联 T. H. 维索茨基在研究了年降水 300—500mm 的干旱草原的水分条件后认为,必须重新分配水分,以创造部分地区的优良条件,提出把流动沙丘的顶部作为水分的收集者和蓄积者,即集水区,而围绕沙丘下部进行造林,即生产区,同时指出,生产区与总面积的比例为 1:3,即 33%的面积用于造林。A. T. 加也里认为,“在草原和半荒漠地带的沙地造林中,针叶树将是今后的主要树种”,“在半荒漠地区造林不要超过 10%的沙丘面积,降水较多的草原地区,造林也不应该全面进行,大约是沙地总面积的 1/3 左右”。

1977 年在肯尼亚召开国际沙漠化会议,制定了“防治沙漠化行动计划”,“主攻目标在于应用现代科学技术阻止沙漠化的发展,治理沙漠化土地,把适当开发利用易于沙漠化地区的资源作为防治沙漠化过程的一种方法”,“在生态可能性的范围内,保持和发展干旱、半干旱、亚湿润土地和其他易发生沙漠化的土地的生物生产量,以提高这些土地上的居民的生活水平”。

随着非洲大陆的持续干旱和沙漠化迅速发展,国际社会在非洲开展了一系列的沙漠化防治援助计划,如北非跨国绿坝、中西非撒赫尔绿色屏障等,但是,由于消除不了导致生态破坏的根本原因,目前沙漠化仍在急剧发展。法国澳大利亚以及中亚等国都从各国的实际和从防治土地退化

的需要出发对沙漠化过程、影响因素与防治措施等进行了大量的研究。20 世纪 90 年代, 欧盟启动了“地中海沿岸的沙漠化与土地利用超级研究计划, 对地中海沿岸的沙漠化现状、动态以及其逆转过程进行了研究, 确定土地利用、植被生产力和土地退化状况等。尽管如此, 但是在以人为因素为主, 导致沙漠化加剧和经济落后的地区如何有效地开展沙漠化防治研究, 仍然是当今国际社会急需探索和解决的难题。

1.3 主要研究内容综述

1.3.1 适地适树问题

“适地适树”是林业生产中的基本原则^[10], 但是在实际工作中往往忽略这一根本原则, 造成了不必要的损失。就目前生态建设而言, 首先要做到“适地”, 即选择适宜的立地, 在土层 50cm 以上的条件下进行人工造林, 而不提倡在石质山地, 甚至进行开山造林。其次要做到“适树”, 即在生产中应大力挖掘优良乡土树种的潜力, 这更符合生态建设的实际, 而不是盲目地追求所谓的新品种和外来树种造林。所以, 在林业生态建设中, 把握好“适地适树”原则, 不追求人为的景观, 而应突出自然景观林业的特点, 宜乔则乔, 宜灌则灌, 宜草则草。充分利用造林地中的残存斑块的抗性(偏离初始状态下)和可恢复性, 恢复原来的景观状态, 形成复合式镶嵌结构, 同样能带来美感和景观效果。

1.3.2 沙地植被建设的配置问题

水是制约生态建设的关键, 而生物措施又是防沙治沙技术的核心, 所以处理好沙区水分和植被配置的关系, 是沙地植被建设的基础。根据对植物防风固沙机理和风沙流运动学规律的研究, 沙地植物密度、植株分布形式对输沙率有重要的影响, 输沙率随密度增加而减少, 植株规则分布的防护效果优于随机分布, 半固定沙地的临界植被覆盖度为 20.58%。根据杨文斌等对林地水分与配置关系的研究表明: 行带式配置更有利于水分的利用和平衡。

1.3.3 提高造林成活率、保存率的综合配套技术

造林成活率和保存率是生态建设的基础, 尽管经过多年的努力, “两率”有了很大的提高, 但随着全球性气候干旱、高温趋势的加剧, 对造林种草构成严重威胁。

提高“两率”的核心是水的问题, 天然降水是有限的, 但人们可以采取有效的措施, 提高土壤蓄水、保水能力, 通过减少水分蒸发, 径流损失, 提高降水的有效性, 达到节流增效的目的。所以, 利用现有技术成果进行组装配套, 加大科技投入力度和已有抗旱、保水技术, 在不同类型区进行专项技术示范. 重点从造林整地蓄水、苗木根系活力和抗旱性能、优良乡土树种选育、抗旱、保水造林技术、自然林配置等方面进行示范, 提高生态工程建设的质量和效果。

1.3.4 沙丘分区治理与防风固沙效益问题

控制流动沙丘的风蚀、沙埋是提高流动沙地固沙造林的关键。合理利用流动沙丘的渗水、保水功能,根据沙丘风沙流运移规律和植物固沙原理,利用少量的植被达到固定流沙的目的。为此,按照沙丘高度和坡度的差异,采取分区造林模式,建立固沙阻沙林带,适度恢复沙地植被。即沙丘顶部到中上部保留原貌,不进行植被建设,而是利用沙丘的渗水、保水功能,作为沙丘中下部的水源补给区;沙丘中到下部的 1/2 处,重点进行造林活动,固定流沙。

1.3.5 优良固沙植物品种选育与开发利用技术

选择适宜的植物品种是生态建设中最重要技术措施。因品种选择不当而造成的严重影响在十几年或几十年以后才能表现出来。所以,选择造林树种应该具有抗旱、耐旱、节水、抗寒特征;能够具有与多种植物共生的特性;繁殖容易;能够发挥持久的效益;立足乡土树种。

第二章 研究内容和方法

试验区位于乌兰布和沙漠东北部(106° 35' ~106° 59' E、40° 17' ~40° 29' ,海拔 1052—1059m),东临黄河,处于荒漠与干草原的过渡地带。属于亚洲中部温带荒漠气候,平均气温 7.5℃,一月平均气温-10℃,七月平均气温 23.8℃,绝对最高气温 39℃,最低气温-29.6℃。日照 3000h, 10℃以上积温 3300℃。平均降水量 102.9mm,集中 7-9 月。年蒸发量 2351.1mm,相对湿度 47%。全年无霜期 168 天,最大风速 15.1m/s。以漠钙土为主,兼有流沙及盐化草甸土,沙丘高度 1—5m,地下水位 2-5m,以重碳酸镁和氯化钾、钠为主,植被以荒漠植被为主,如梭梭、花棒、油蒿、白茨、沙冬青等。

2.1 研究内容

乌兰布和沙漠是中国八大沙漠之一,总面积 1500 多万亩。磴口县位于乌兰布和沙漠的东北部,境内有沙漠面积 489 万亩,这里在自然地理地带上是半荒漠与荒漠的过渡区,在地质构造上位于包头——吉兰泰断陷的西部,地貌类型属于河套冲积平原的一部分。远古时期这里曾是西汉王朝重要的边境垦区。目前,汉代垦殖农田均已被流沙吞噬和掩埋,但汉代的三封、麻浑、临戎三县遗址清晰可见。现在流沙仍然以每年 8.7 米的速度东侵南扩,直接危害黄河和河套平原。对包兰铁路、110 国道、京藏高速公路以及黄河三盛公水利枢纽等国家重要基础设施造成威胁。乌兰布和沙漠紧邻黄河西岸,流沙已直抵河漫滩,在西北风的作用下每年有 7000 多万吨沙物质进入黄河,入河沙量占黄河输沙量的 4.4%,是造成黄河河床不断抬高和下游经常断流的主要原因之一。乌兰布和沙漠还是中国沙尘暴的主要策源地之一,由于乌兰布和沙漠的沙物质主要来源于古代黄河冲积物和湖积物,粒径很细,被风吹扬后极易升空。加之乌兰布和沙漠又处于阿拉善高原的前沿地带,起源于阿拉善的沙尘暴在这里得到进一步加强,也就有了更多的沙尘吹向北京,吹向华北、华东地区,吹向太平洋、日本和朝鲜半岛。

对于乌兰布和沙漠的危害,党和政府给予了足够的重视,这也正是我们研究乌兰布和沙漠防风固沙林模式的根本目的。

2.1.1 植物种的适应性测定

坚持“适地适树”的原则,这是植物种选择的重要原则,如果违背了这条原则,就违背了客观规律,必然导致造林失败。防风固沙林体系植物种选择关系到造林绿化的成败,影响着生态效益的发挥。从乌兰布和的立地条件看,气候、土壤、生物等环境因子决定了乌兰布和沙区大多地属于干旱、半干旱地区,降水量少,土壤瘠薄,造林立地条件差。但也存在不同的差异,这种不同差异就形成了沙区的不同立地条件,我们研究乌兰布和沙漠防风固沙林体系就是要按照不同的立地条件和树种的生物学特性,去选择不同的造林树种。从乌兰布和沙区造林绿化实践来分析,有不少植物种适宜在此地区进行试验,我们从中选取了十种适合沙地生长的植物种进行试验,供

试验的树种有梭梭、花棒、沙拐枣、杨柴、籽蒿、白茨、怪柳、紫穗槐、沙枣、和新疆杨等 10 种。通过试验, 调查出十种树种中的保存率和抗风沙能力, 最终得出适合本地区栽植的树种。

2.1.2 防风固沙林的阻固沙效能

1、风蚀、沙埋及沙丘移动的观测: 我们采用标桩定位法, 对选定的区域具有代表性的 3—5 个沙丘进行观测, 分别对所选定的沙丘迎风坡前、坡后、坡顶、落沙坡角一定距离的坐标点埋设标桩, 设置 15 级控制点, 每月观测 3 次并以沙丘在坐标中的位移确定沙丘移动速率。

2、风速观测, 使用风速仪对所测的 50、150cm 高度进行观测, 每次观测记取 15 次以上读数, 同时记录风向变化等情况。对于积沙的观测, 用梯式积沙仪测定, 取样高度为 0—20cm, 断面宽 2×2cm, 一次取样时间为 20 分钟。

2.1.3 防风固沙林的改土作用

在试验林地和邻近的流沙地中, 按树种分别采取土壤样品, 取土深度 40cm, 用土壤常规分析法, 测定沙地机械组成和养分。

2.1.4 防风固沙林的生态效益和经济效益

在防风固沙林建设过程中, 对不同模式林的防风效益、气候因子, 生物量和产种量等测定, 由此得出各项数据, 尔后进行分析对比。

2.1.5 研究目标

(1) 总结提出在干旱荒漠区, 流动沙丘可选用的树种和有灌溉条件的地区可选用的树种。

(2) 通过研究, 得出在乌兰布和沙区自然条件相对恶劣和水资源紧缺等情况下, 总结出相应的防风固沙林模式。

(3) 通过研究, 得出防风固沙林对土壤中微生物活动产生有益的影响, 使土壤肥力得到一定程度的改善。

(4) 通过试验, 得出防风固沙林对于改善生态环境, 提高农牧民收入, 缓和林牧矛盾, 保护了沙漠植被的繁衍和生长。

2.2 研究方法和技术路线

2.2.1 研究方法

(1) 研究思路: 防风固沙林树种选择的研究, 关系到林带的生存率和保存率, 所以应从抗旱性等生理指标测定入手, 了解树种的蒸腾速率等生理指标; 用综合评价法和极点排序法进行综合指标分析。

(2)防风固沙林阻固沙效能的测定要对沙丘及不同方向进行观测，同时还要从气象部门提取风速观测记录。

(3)通过研究，取样，用土壤常规分析法，测定沙地机械组成和养分。

(4)通过观测气候及防风效益，测定生物量和结实量，得出生态效益和经济效益。

2.2.2 技术路线

通过典型示范试验比较分析筛选出适合防风固沙林体系的树种，同时对防风固沙林阻沙效能进行测定，确定出不同模式的防沙林带对于防风固沙林体系的作用。

运用观测和取样化验等方法对防风固沙林改良土壤等方面进行确定，得出防风固沙林体系的最佳生态效益和经济效益。

第三章 结果与分析

3.1 植物种的选择

“适地适树”是林业生产中的基本原则，但是在实际工作中往往忽略这一根本原则，通过研究试验，筛选出十种可以在沙漠中生长的作物进行研究，被选中的树种必须具有抗风蚀、耐沙埋、抗干旱且成林时间短和生长快等特点，以此来确定出它们在不同立地条件下的保存率和适应性，总结出适合当地条件的树种，为乌兰布和沙区大面积推广提供依据。

3.1.1 树种保存率及生长状况

乌兰布和沙漠适宜栽植的树种有许多，我们按照成活率高的要求选择了十种进行试验，其中所选的十种树种如下：沙拐枣 (*Calligonum arborescens* Litv.)、梭梭 (*Haloxylon ammodendron* (Mey.) Bunge)、杨柴 (*H. fruticosum* pall var. *mongolicum* Turcz.)、花棒 (*Hedysarum scoparium* Fisch. Et Mey.)、白茨 (*Nitraria tangutorum* Bobr.)、籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala* Koasch.)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)、怪柳 (*Tamarix ramosissima* Ledeb.)、紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*) 和新疆杨 (*Populus alba* L. var. *pyramidalis* Bange)。我们按照所筛选出的十种植物种，从2000年开始，先后按立地类型进行试验，筛选出的沙枣和新疆杨^[22]，不仅生长表现良好，保存率高，而且在2—3年内形成紧密结构林带，能发挥出较强的固沙效能，并具有一定的经济价值。其试验结果见下页表1、表2。

通过在乌兰布和沙地研究，从表1、表2中可以看出，防风固沙林树种的保存率，随着立地条件和栽植年限而有明显的差异。沙地上栽植的树种，当年成活率在60.5—89.4%，经3年后除籽蒿、怪柳、紫穗槐保存率较低外，沙拐枣、梭梭、白茨和花棒仍在57—73.4%。这些树种多分布在沙丘迎风坡上，占整个保存率的34.3—82%，当年新枝生长量41.2—45.7cm，比丘间地生长的多13.3—31.9cm。其中梭梭、花棒对沙丘部位反应不灵敏，各部位的保存率均在27.6—38.5%之间，适于沙丘各部位，并能与油蒿、绵蓬等组成群落，固定流沙，使流动性强的沙地向半固定沙地或固定沙地逆转。杨柴、籽蒿是供试验树种中保存率（第三年）最低的，但5年后的保存率却比第三年高15.6—21.5%，这是由于杨柴本身地下茎串和籽蒿天然下种的结果，现不仅生长良好，而且与母株形成紧密结构的固沙片林，发挥良好的阻积沙作用。试验还表明，沙枣、怪柳、紫穗槐和新疆杨，在有灌溉条件的平坦沙地和丘间地生长良好，并有一定的阻沙效能。

表 1 防风固沙林树种成活及生长情况

Table1: Survival rates and growth of the trees for windproof and sand fixation

树种	成活率及保存率			造林后总生长量 (cm)				林分覆盖度 (%)	地类
	当	三	五	最高	平均	地	丛幅 (冠幅)		
	年	年	年	植株	植株	径			
梭梭	69.8	60.3	50	213	116.4	2.9	78 × 110	43.1	沙丘
沙拐枣	78.2	73.1	59	256.1	154.6	2.3	167 × 136	51.6	沙丘
花棒	89.4	69	23	198.2	34.2	1.3	38 × 29	32.8	沙丘
杨柴	60.5	37.9	53.5	176.4	98.3	1.9	119 × 175	79.2	沙丘
籽蒿	74.3	9.1	30.6	91.5	56.7	2.3	118 × 102	32.6	沙丘
白茨	61.8	48.9	57.1	142.8	98.4	1.7	145 × 161	43.7	沙丘
沙枣	87.3	73.4	73.1	394.1	215.6	14.1	197 × 216	81.4	丘间地
紫穗槐	65.6	15.6	9.3	123	110.1	16	235 × 198		丘间地
怪柳	61.3	18.9	12	135.3	96.3		123 × 145		丘间地
新疆杨	84.2	61.3	60	1130	867	16.3	216 × 234		丘间地

表 2 沙生树在不同立地条件的适应性及生长情况

Table2: The growth and adaptability of the different site conditions of the trees in the sand

树种	栽植年份	立地条件	保存率 (%)	新枝生长量		丛幅
				新枝长	比值%	
				(cm)		
沙拐枣	2000 年	迎风坡	83.4	45.7	99.6	118 × 135
		落沙坡脚	8.8	58.6	128.2	180 × 200
		丘间地	8.1	41.4	70.9	97 × 121
梭梭	2000 年	迎风坡	32.7	36.8	96.1	75 × 106
		落沙坡脚	29.9	39.2	106.5	121 × 123
		丘间地	34.7	18.7	50.8	51 × 76
花棒	2000 年	迎风坡	34.3	41.2	99.3	69 × 89
		落沙坡脚	27.6	56.7	137.6	96 × 117
		丘间地	38.5	9.3	22.6	30 × 42
沙枣	2000 年	迎风坡	3.8	38.3	98.6	55 × 82
		落沙坡脚	15.9	54.2	254.5	91 × 114
		丘间地	64.8	47.6	223.5	96 × 119
白茨	2000 年	迎风坡	2.8	36.1	99.1	88 × 100
		落沙坡脚	6.7	43.2	268.3	82 × 121
		丘间地	92.5	38.6	239.7	96 × 127

3.1.2 树种的抗旱性

植物树种的抗旱性是沙区植物引种的重要指标之一，树种的抗旱性是指在干旱条件下，植物具有不但能够生存，而且能维持正常或接近正常的代谢水平，特别是可以维持其在生长发育过程的基本生理性指标^[50]。通过研究，从表3中可以看出，固沙树种体内水分状况变化，随着树种的不同而有差异。白茨、柠条、怪柳水势最低，束/自比值在1.9—3.2之间，水分亏缺和抗脱水力的残留含水率最大；花棒、梭梭、沙拐枣水势中等，束/自比值在0.67—2.6之间，水分亏缺和抗脱水力的残留含水率次之，而杨柴、沙枣水势较高，束/自比值和树种体内残留含水率小。

从表3中看出植物种的生态生理指标后，我们给所测的8种树种对其抗旱性进排序，其结果见表4、表5：

从表3可以看出，固沙树种体内水分状况及其变化，是随着树种的不同而有差异。白茨、柠条、树柳水势最低，水分亏缺和抗脱水力的残留含水率最大；花棒、梭梭、沙拐枣水势中等，水分亏缺和抗脱水力的残留含水率次之，而杨柴、沙枣水势较高，树种体内残留含水率小。同时，经过调查研究，表4、表5中白茨、花棒等8个树种的抗旱性强弱的距离系数，为2.431—14.423，而它们的生长量、耐盐碱程度等综合指标都说明不同固沙树种具有各自对干旱环境的适应能力。

与此同时，我们再从流沙水分与各种固沙林地水分测试结果对比（见表6），流沙地含水率变幅小，而林地水分变幅大。特别是干旱季节沙拐枣、杨柴等林地水分变化更为明显。这说明旱地生长植物和沙地生长植物世代在严酷的生存环境条件下，以各种不同的形式，来增强个体本身对干旱环境的适应能力。

根据上述研究分析，我们按供试验树种排序为：梭梭>花棒>白茨>柠条>怪柳>杨柴>沙拐枣>沙枣>新疆杨。

表3 植物种生态生理指标
Table3: Ecological and physiological indices of plant breeding

编号	树 种	水势 (巴)	束缚 水	束 / 自 比值	水分亏 缺 (%)	蒸腾 速率	抗脱水力	
							达恒重 时间	残留含 水率
1	花棒	-15	38.8	1.4	19.5	542	106	11
2	杨柴	-10.9	35.8	1.3	27.5	824.1	45	8
3	怪柳	-21.6	46.3	2.2	21.9	245.7	80	10
4	柠条	-26	37.8	3.2	28.9	251	80	7.5
5	梭梭	-15	56.4	2.6	35.8	526.9	134	33
6	白茨	-30.4	50.5	1.9	55.6	191.2	100	29.3
7	乔木状沙拐枣	-14.6	30.1	0.67	33.3	300	70	19.9
8	沙枣	-12.3	20.8	0.5	29.1	785	72	8

表 4 八个树种抗旱性强弱排序

Table4: The capacities of 8 drought- resistant tree species

植物种名称	距离系数 A	距离系数 B	坐标 X
白茨	16.522	11.866	14.423
梭梭	15.797	11.294	14.203
柠条	11.487	15.644	9.129
怪柳	11.183	16.195	8.601
乔木状沙拐枣	10.473	18.011	6.926
花棒	10.186	19.167	5.868
杨柴	6.023	19.737	3.931
沙枣	6.402	21.532	2.431

表 5 树种选择坐标综合评定表

Table5: Comprehensive assessment of the choices of the tree species

序号	树种	水势	束缚水	抗脱水力达恒重时间	抗盐碱土壤含盐量%	树高	结 实		年长量	评价序号
							初期	盛期		
1	花棒	0.2566	0.1565	0.0696	0.2500	0.1407	0.0051	0.0100	0.09	2
2	柠条	0.0216	0.1888	0.1975	0.4225	0.3907	0.0051	0.0400	0.36	4
3	梭梭	0.2566	0.0148	0	0	0.0157	0.0051	0.0100	0.49	1
4	白茨	0	0.0153	0.0934	0.1736	0.7657	0	0.0100	0.36	3
5	杨柴	0.4114	0.1957	0.1021	0.5201	0.5625	0.0051	0.0100	0.36	7
6	怪柳	0.3352	0.1409	0.2431	0.1878	0	0	0	0.16	5
7	沙拐枣	0.4547	0.3634	0.1512	0.4444	0.2500	0	0	0	6

表 6 不同林分类型对沙丘前移速度的影响

Table6: The influence of different kinds of trees on the speed of moving sand dunes

项目测定期	采样深度 (cm)	对照	沙拐枣	杨柴	籽蒿
2004.4	0--100	2.34	2.28	2.86	2.11
2004.5	0--100	2.40	1.95	2.10	1.97
2004.6	0--100	1.95	1.25	1.73	1.86
2004.7	0--100	2.16	0.73	1.80	1.56
2004.8	0--100	2.21	0.86	2.15	2.03
2004.9	0--100	2.87	1.28	2.13	2.16
2004.10	0--100	2.76	1.49	2.67	1.84

3.1.3 植物树种的抗风蚀、沙埋能力

通过我们调查研究发现,沙地造林后的 1—2 年,幼树必然会受到不同程度的风蚀和沙埋危害,但不同的树种具有不同的抗风沙能力,具体表现在树木的成活、保存和生长量的指标上(见下页表 7)

从上表上可以得出,沙拐枣、梭梭等 7 个树种中,压沙尺度为 25.1—45cm,压沙大于 45cm 的,则当年新枝生长量普遍下降 42.8%,若超过植株冠的三分之二以上,大部植株干枯死亡。从上表中还可以看出,4 年生的沙拐枣、花棒等固沙树种,当风蚀 35.1—45cm 时,植株的主侧根裸露沙表而倒伏,其生长量仅为沙埋生长量的 15.1—42.5%,但绝大多数风蚀的植株,经冬风、春风的吹刮和伏天的高温,死亡率达 82.7%,而 4 年生的个别植株受到严重风蚀后,主根全部处露,仅靠 1—2 条根系供水,一旦风沙较大,风蚀转为积沙,植株又重新开始生长发育,并有油蒿和绵蓬侵入繁衍和生长。可见,防止固沙树种造林后的风蚀和沙埋,是巩固和提高造林成效的重要措施。

通过对上述树种的选用、树种的抗旱性及抗风蚀、沙埋能力的研究,在乌兰布和干旱荒漠区,流动沙丘可选用沙拐枣、梭梭、花棒和籽蒿造林,而丘间地或有灌溉条件的沙地可选用杨柴和沙枣为宜,其他树种因有耐沙埋等特性,在有灌溉条件的地区可以根据立地条件选择使用。

表 7 防风固沙林树种抗风蚀、沙埋能力

Table7: Capacities of the trees to resist wind erosion and sand burial

树种与栽植年份	地况	调查株数	风蚀、沙埋与植物生长发育										备注
			15. 0—25		25. 1—35		35. 1—45		45. 1—55		>55		
			新枝数	最长新枝	新枝数	最长新枝	新枝数	最长新枝	新枝数	最长新枝	新枝数	最长新枝	
			(根)	(cm)	(根)	(cm)	(根)	(cm)	(根)	(cm)	(根)	(cm)	
沙拐枣	沙埋区	20	9. 1	41. 2	11. 2	48. 3	7. 6	56. 2	6. 3	54. 5	2	23. 5	沙埋厚度82cm , 新枝生长尚可
	风蚀区	20	7. 3	31. 5	6. 1	31. 8	5. 3	19. 5	6. 1	1. 8	3	0. 9	风蚀61. 2cm , 根裸露倒伏, 仍能成活
	梭梭	19	6. 2	41. 5	7. 8	59	7. 0	78. 2	7. 1	36. 4	4. 5	12. 3	
	梭梭	20	4. 6	25. 9	7. 5	36. 5	6. 7	16. 5	4. 3	10. 5	1. 5	1. 9	
花棒	沙埋区	21	9. 3	55. 6	7. 6	51. 5	11. 3	61. 5	5. 6	42. 5	3. 7	27	风蚀89. 5cm , 植株倒伏, 新枝长0. 2—0. 6
	风蚀区	16	6. 9	14. 8	5. 6	13. 7	6. 1	9. 6					
	沙埋区	20	11. 3	47. 5	8. 9	64. 1	7. 8	69. 4	6. 1	31. 3			
	杨柴	15	10. 1	30. 5	8. 1	25. 5	6. 4	29. 5	2. 8	4. 5			风蚀59. 3 植株生长不良
籽蒿	沙埋区	15	7. 3	34. 6	8. 2	43. 2	5. 7	18. 6					
	风蚀区	18	7. 4	11. 6	5. 8	16. 5	7. 3	2. 8	7. 8	1. 4			
沙枣	沙埋区	9	11. 2	31. 7	10. 5	43. 5	4. 3	57. 3	12. 7	59. 5	9. 5	67. 4	沙埋2/3 以上, 全树死亡
	风蚀区	14	6. 7	21. 8	4. 5	26. 8	8. 6	20. 3					

3.2 防风固沙林的防护效能研究

防风固沙林是气流运动的障碍物,可在一定范围内影响近地层风沙流结构^[26],使气流速度发生改变,气流中的蠕移和跃移沙粒产生沉降而堆积,形成平缓沙丘。由于不同类型的防风固沙林具有不同的防风特点,其阻固沙作用和沙丘堆积部位、形状和积沙量也有差异,这是我们研究防风固沙林优化模式的依据^[49]。现在我们在试验区推广的主要是四种防护林:防沙固沙片林、窄带多带式防沙林带、乔灌结合宽带式防沙林带、半固定沙丘灌木混交固沙林等四种。

3.2.1 防沙固沙片林的阻固沙效能

通过研究、观测结果表明,片林内风速降低和输沙量与林分覆盖度密切相关,即随着林分盖度的增加,林内风速值的降低也越大,并可有效地提高林地下垫面的粗糙度;下垫面粗糙度提高,无疑地会使临界起沙风速值相应提高。在不同径级构成的沙地,沙粒开始移动的临界风速(即起沙风)在2米高度上为4.0—7.1m/s。裸露沙地的临界起沙风速可由R.A拜格诺得出以下公式确定[25]:

$$V_t = V_* / K \cdot \ln \cdot z / z_0$$

其中:式中 V_t ——在高度 z (m) 上的起沙风速 (m/s)

V_* ——摩阻流速 (cm/s)

z_0 ——为地表粗糙度 (cm)

K ——卡门常数(0.4)

从下页表8中的数据可以算出,当林内达到临界起沙风速时,林外裸露地的风速与片林的盖度明显相关,我们可以采用回归分析法得出:

$$V = 5e0.0198c \quad (0 \leq c < 100\%)$$

$$r = 0.966$$

以上式中 V ——林内达到临界起沙时,林外裸地2m高处的预测风速, C ——林分盖度。

乌兰布和沙区,风沙活动强度大,引水灌溉条件差,在治理过程中受风沙、灌溉等影响,要得出不同盖度片林内达到临界起沙风的裸地准确风速理论值是不可能的,我们通过实验过程中积累的经验,推算得出临界点的裸地风速理论值,见下页表9:

从以下的表格中可以看出,当防风固沙片林覆盖度>28.5%时,林内能降低风速30—70%,使大多数沙粒在林缘前3倍数高处或林内的1—2行中堆积,输沙量减少83.5—93.8%,能有效地阻止和控制沙丘前移,保护沙漠边缘的农田,是治理大片荒沙荒漠的最理想防风固沙模式。

表 8 不同覆盖度灌木片林内 20 厘米的风速状况

Table8: The speed of wind in bushes covered by different vegetation within 20 centimetres

树种	覆盖度 (%)	对照 m/s	林内		粗糙度	林内临界起 沙风速推算 值 (m/s)
			m/s	降低 (%)		
花棒	35.0	2.5	0.8	68	4.0	9.87
	28.5		1.2	52	3.47	9.35
	20.8		1.2	52	2.9	8.83
	11.5		1.8	28	0.53	6.38
	6.7		2.4	4	0.24	5.88
杨柴	36.0	2.7	1.0	63	4.0	9.87
	28.9		1.9	30	1.69	7.68
	21.0		1.9	30	1.56	7.55
	10.4		2.5	7	0.131	5.62
	7.5		2.6	4	0.107	5.55
籽蒿	33.0	3.0	1.0	67	4.2	10.05
	28.5		0.9	70	3.8	9.66
	24.0		1.5	50	1.8	7.78
	10.2		2.5	17	0.42	6.20
	4.8		2.9	3	0.13	5.86

表 9 预测不同盖度片林内达到临界起沙风时的裸地风速理论值

Table9: Forecast different forests covering sand reached the critical wind speed theoretical value on the bare land

盖度 高度	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
2.0	5.50	6.10	6.70	7.40	8.20	9.10	11.00	13.50	16.40	20.00	24.40
10.0	6.40	7.10	7.80	8.60	9.50	10.50	12.80	15.60	19.00	23.20	28.30

3. 2. 2 窄带多带式防沙林带的阻固沙效能

窄带多带式防沙林带，是由多条窄带而带间又有一定带间距离的林带组成。这种配置形式的防沙林带，既有造林投资少和充分开发利用带间土地的优点，又有利于林地土壤水分平衡，保证林分的稳定。同时，由于窄带与窄带之间，乔木与灌木之间相互影响，在一定程度上显示了防风固沙林体系的累加防风作用，下垫面粗糙度有大幅度的提高，不仅能避免带间沙地风蚀和有效地

固定流沙，而且能合理的开发利用带间土地,有利于推广，见表 10、表 11。

研究结果表明，由沙枣或沙拐枣、花棒、梭梭构成窄带多带式防沙林带，可使林带内 1.5m 高度的风速降低 49.7—51.7%，背风面降低 53.8—57%，输沙量分别减少 87.4%、94.9%，而窄带与窄带中间 1.5m 高的风速，一般降低 37—51%，0.5m 高处 的风速降低 71%，再由于林带间配置间互相影响，可以有效的降低风速，控制流沙的蔓延。

表 10 窄带多带式防沙林带对风速、输沙量的影响

Table10: Influence of many narrow sand- break belts on the speed of wind and sand

树种组成	测点高度	对照点	林缘前 3H 处	林带内中间	林带背风 面 3H 处	
沙枣或沙拐 枣、花棒	风速 0.5m	M/s	7.27	7.02	3.5	3.25
		为对照%	100	96.6	48.1	46.2
	风速 1.5m	M/s	7.75	7.28	4.9	4.4
		为对照%	100	93.9	63.2	56.8
	0—20cm 输沙	克/cm.分	54.84	44.96	6.91	2.97
	量	为对照%	100	81.98	12.60	5.45

表 11 窄带与窄带之间对风速和输沙量的影响

Table11: Influence of narrow belts between narrow belts on the speed of wind and sand

项目	测点位置	对照	迎风面		1—2 带	2—3 带	3—4 带
			3H	1H	中间	中间	中间
风速	m/s	6.6	6.0	5.2	1.9	1.9	1.5
	0.5m						
	为对照%	100	97	79	29	29	23
	m/s	8.2	8.7	7.2	5.2	4.3	4.0
1.5m							
	为对照%	100	106	88	63	52	49
0—20cm	克/cm.分	8.33	4.31	6.73	0.04	0.13	0.05
输沙量							
	为对照%	100	52	81	4.8*10-3	0.0156	6*10-3

3. 2. 3 乔灌结合宽带式防沙林带的阻固沙效能

乔灌结合宽带式防沙林带，是由上风部位（沙丘）籽蒿带（40—80m）+空留草带（30—40m）+下风部位（缓沙地）沙枣带（20—40m）组成的 90—160m 的宽带。这种乔灌结合或大小灌木结合宽带式防沙林带，其阻积沙效能都优于其他配置类型林带。它的适应范围很广，特别是在灌溉条件较差的地域，营造这一类优化模式林，对加速风沙区的植被建设具有重要意义。从下表（表 12）中可以看出，乔灌结合宽带式防沙林带，由于迎风面是沙蒿带，这不仅可以有效的降低风速，更重要的是有效地改善下垫面粗糙度，从而可以提高临界起沙风速值，使刮起的沙尘均匀的沉降在籽蒿带间，有效的避免林内过量的积沙形成沙堆。这种乔灌结合的防沙林带，其阻积沙效能都优于其他配置类型林带，由于对于立地条件较差，灌溉条件不足的地区，对于加快发展林带规模，加速对风沙区的治理，具有很好的效果。

表 12 乔灌结合宽带式防风固沙带对风速、输沙量的影响

Table12: Influence of broad tree belts mixed with bushes on the speed of wind and san

树种组成	观测点高度		对照点	林缘前		林带内		林带背风面	
				5H	3H	3H	5H	3H	5H
籽蒿带 + 带间相隔 空留距离 + 沙枣带	风速	m/s	6.79		5.94	3.2	3.8	4.1	—
	0.5m								
		为对照%	100		87.5	47.1	55.9	60.4	—
	风速	m/s	6.79		6.1	3.9	1.28	1.84	2.17
	1.5m								
		为对照%	100		89.8	57.4	18.85	27.1	31.95
	林内下垫面粗糙度		0.0053			4.1254			
	0-20c	克/cm.分	92.11		66.27	19.85		5.99	
	m 输								
	沙量	为对照%	100		81.95	31.5		8.55	

3. 2. 4 半固定沙丘灌木混交固沙林的阻沙效能

半固定沙丘灌木混交固沙林，多配置于流动性强的半固定沙地。在干旱荒漠区沙地造林，正是每年的春季，此时又是风沙活动最强的季节，对造林极不利，因此必须在前一年设置粘土沙障，第二年春天进行造林，这种配置类型所形成的林带，不仅能迅速起到防风和阻止沙丘前移的屏障作用，而且林带寿命长，十分稳定，并能发挥林带后期的阻积沙功能。通过试验我们对此固沙林进行防风阻积沙效能调查，结果见下页表 13、表 14：

从表 13、表 14 可以看，林带高度和覆盖度与防风范围以及阻积沙效果成正比。流动沙丘与林带保护下的沙地，其沙丘前移速度和风蚀量有着很明显的差异。经过多年观测研究表明，流

动沙丘前移速度和风蚀度远远超过固沙造林的植苗深度；由于我们在前一年设置粘土沙障，沙丘表面的沙土基本稳定，这就为籽蒿等自繁作物和天然植被恢复创造有利条件，同时也使乌兰布和沙区植物种逐年增加，覆盖度增大，多而扩大了固沙、阻沙范围，使沙丘表面的沙粒前移速度放慢，逐步发展为半固定或固定沙地。与此同时，由于高低不同的沙生固沙灌木形成的混交林带，其防风、阻积沙的效果是最明显的，特别是先期固沙植物和后期固沙植物组成的林带，能在营造后的 2—3 年内起到防风固沙的作用，也同时能起到林带持续发挥防沙效果。

根据以上研究结果，我们根据乌兰布和沙区自然条件和水资源等综合情况，我们总结了各种防风固沙林模式的效果，陈述如下：

1、阻固沙片林，适合营造于有流沙危害的农田地外围和耕地内部的流动沙丘，其主要适宜的造林植物种有沙拐枣、梭梭、杨柴等。造林前一年在流动沙丘上或流动性较强的沙地上，设置方格形粘土沙障，一般沙障面积为 2×2m，第二年春季造林，对所栽植的植物种进行井水浇灌，每公顷保留 1166—1750 株。

2、窄带多带式防沙林带，适合营造于有流沙危害的农田地边缘、农牧场和村庄附近。主要造林的树种，其流动沙地以梭梭、沙拐枣为主，窄带由 2—4 行树组成，紧密结构，整个林带距离 6—10m，丘间地以沙枣为主，窄带 2 行或 4 行，带间距离 12—30m。此林带对于保护可种用耕地能起到积极作用。

3、乔灌结合宽带式阻固沙林带，适合配置于有灌溉条件又有流沙危害的平坦沙地和丘间地。主要造林树种有籽蒿和沙枣，配置形式在上风部营造 40—80m 的籽蒿带，留空带 30—40m，下风部营造 20—40m 沙枣带，紧密结构，整个林带宽度 90—160m，每年灌溉 1-2 次。

4、半固定沙丘灌木混交固沙林，适合营造于流动沙丘或流动性强的平坦沙地。主要造林树种有沙拐枣、梭梭、花棒、和籽蒿等，株间混交或行间混交，株行距 2×2m，紧密结构，每公顷 2499 株。此林带作为阻固沙片林的补充，虽有较好的阻沙功能，但对立地条件比较高，必须是平坦的沙地。

表 13 不同林分类型对沙丘前移的影响

Table13: Influence of different kinds of forests on moving dunes

沙丘林分	沙拐枣+ 籽蒿	白茨+籽蒿	花棒+籽蒿	沙拐枣	梭梭+籽蒿
覆盖度 (%)	48.2	58.5	39.7	41.0	33. 8
林分高 (m)	1.47	1.87	1.12	1.64	1.37
沙丘表面风蚀深度 (cm)	5—1.05	5—11.7	9—15.3	5—11.4	4.3—14.8
沙丘前移度 (m)		7.8	3.18		
2003 年					
为对照 (%)		100	20.9		
沙丘前移度 (m)	1.9	19.4	5.8	2.0	4.16
2004 年					
为对照 (%)	12.1	21.1	36.9	12.7	26.5

表 14 灌木混交固沙片林对风速、输沙量和结皮层的影响

Table14: Influence of mixed bush belts on the speed of wind sand

树种组成	覆盖度	观测点高度	对照点	林缘前	林带内	林带背风面	
沙拐枣+梭梭或花棒、白茨等	30.1-45	风速 0.5m	m/s	8.78	8.21	5.31	5.48
			为对照%	100	91.60	52.70	51.95
		风速 1.5m	m/s	9.7	8.89	5.65	5.82
			为对照%	100	98.16	61.09	59.25
		林内下垫面粗糙度 (cm)	0.0067		3.2036		
		0-20cm输沙量	克/cm·分	44.13	43.01	9.26	2.78
		为对照%	100	73.39	21.65	4.75	
		林内地表结皮层厚度 (cm)			0.3—0.7		

3.3 研究防风固沙林对土壤的改良作用

乌兰布和干旱荒漠风沙区，由于气候干旱，植物种类稀少，土壤质地差，而且有机质含量甚微。为了研究防风固沙林对土壤改良的作用，我们对乌兰布和沙区各示范林区的土壤进行了机械组成和养分等因子的测定，并与流动沙丘作了对比分析。

3.3.1 改善了土壤机械组成

沙地的机械组成，是影响土壤物理性质的重要指标之一，也是决定沙地水分状况和养分的条件，直接关系到造林的成活和林子的生长发育状况。表 15：

通过下表可以说明，不同结构配置的防沙林带，其沙地的机械组成与流动沙丘比较是有差异的，四种林带内的粗沙、中沙、细沙和极细沙的含量都不同，这就可以说明，在林带的保护下，风速的降低，沙量的沉积，使细沙和极细沙沉降在林内，而流动沙丘在风力的长期吹扬与剥蚀下，细沙和极细沙明显的下降，同时防风固沙林还可加速沙地土壤的改良过程。

表 15 不同类型林带与流沙地土壤机械成分测定结果

Table15: The compositions of different kinds of forest belts and shifting sand

林带 模式	树种组成	采样地点	取样 深度 (cm)	粒径组成（风干土重%）粒径 mm			
				粗沙 1-0.5	中沙 0.5-0.25	细沙 0.25-0.1	极细沙 <0.1
流动沙丘 (对照)		沙丘迎风坡	0-40	0.15	27	66.15	6.7
固沙片林	沙拐枣和梭梭	沙丘迎风坡林中	0-40	0	0.6	89.7	9.8
窄带多带式防沙林带	沙枣	丘间地林带中	0-40	0.1	2.9	80.9	16.1
乔灌结合宽带式阻固沙林带	沙蒿或沙拐枣+沙枣	沙丘迎风坡林带中	0-40	0.1	3.9	83.8	12.2
灌木混交固沙片林	沙拐枣+花棒或梭梭	沙丘迎风坡林带中	0-40	0	0.7	69.5	29.8

3.3.2 改善了沙地土壤肥力

防风固沙林，不仅具有防风固沙和改善小气候的功能，而且对沙地土壤水热条件的改变，林带枯枝落叶的积累和分解，沙地土壤的微生物活动都产生有益的影响，从而提高土壤肥力。研究发现，在防风固沙林的影响下，风速降低，尘土增加，水分含量增高，必然对土壤中微生物活动产生有益的影响，使土壤肥力得到一定程度的改善^[40]。通过研究，我们对防风固沙林土壤肥力进行测定，见下页表 16：

从表 16 中可以看出，以上各种植物林中，除梭梭林含 N 量减少外，其他林带均有不同程度的增加。梭梭林带含 N 量比流动沙丘减少 2%，这是由于树叶退化，与化枝表皮的角质层较厚，加之干旱缺水，土壤中微生物活动微弱，有机质的分解过程极其缓慢，树木本身生长的前几年所需 N 肥的结果。

同时我们还可以看出，防风固沙林对于限制土壤沙化发展，恢复植被的重要作用。防风固沙林内的地表结皮层形成，是衡量流动沙地向半固定、固定沙地发展的最重要的标志之一，其形成的基本前提是地表流沙的固定。通过表 16 中所反映的沙拐枣林、花棒林、杨柴林及沙枣林等结皮层厚度可以充分说明，这几种林带的存在对于土地沙化的改良是一种逆转的象征。

从上述研究结果可以看出，在乌兰布和干旱荒漠风沙地区，沙地土壤本身的机械成分<0.1mm 的颗粒和养分含 N 含量很低，但在防风固沙林影响下，风速降低，尘土增加，水分含量增高，必然对土壤中微生物活动产生有益的影响，使土壤肥力得到一定程度的改善。

表 16 防风固沙林对土壤肥力测定结果

Table 16: Influence of sand-break belts on soil fertility

项目	取土深度	有机质含量	全 N	全 P	全 K	结皮层厚度 (cm)	极细沙含量 (%)
流动沙丘 (对照)	0-40	0.0586/100	0.0149/100	0.0192/100	0.316/100		6.7
沙拐枣林	0-40	0.1031/175.9	0.0151/101.3	0.0259/134.9		0.3-0.5	9.8
梭梭林	0-40	0.0632/107.8	0.0147/98.0	0.0212/110.4	0.378/119.7		9.8
花棒林	0-40	0.1454/248.1	0.0154/103.4	0.0426/221.9		0.6-1.2	13.4
杨柴林	0-40	0.1604/273.7	0.0153/102.7	0.0437/227.6		0.7-1.8	21.3
沙枣林	0-40	0.3340/569.9	0.0255/171.1	0.0591/307.8		0.6-1.3	16.1

3.4 防风固沙林生态效益和经济效益的研究

乌兰布和沙漠干旱荒漠区，营造和建立防风固沙林体系后，能否在短期内获得生态和经济效益，是应用推广防风固沙林效果模式成果的一个重要问题。

防风固沙林模式及效果研究，已历时 3 年，现在不仅选出了最佳模式林的树种和配置结构，而且在改善生态环境和经济获得一定的效果^[47]。目前，已为实现风沙地区防风固沙林模式化提供强有力的例证，经过近几年的观测和研究，综合出以下生态效益和经济效益：

3.4.1 生态效益

(1)增加了地面植被覆盖度，通过研究，我们可以看出，乌兰布和沙漠经过固沙造林，不仅能够恢复了沙漠化土地的植被，增加了地面覆盖度，使流沙地逐渐变为半固定和固定沙地。如栽植的沙拐枣、梭梭等固沙片林、窄带多带式防沙林带，经过几年的管护和封禁后，原本适宜的固定沙地的油蒿、锦蓬以及少数禾本科类植物已侵入林内，并且生长发育茂盛，这些现象主要是防风固沙林带固沙后，植被自繁的结果。这样的结果对于我们防风固沙是有好处的，通过固沙，恢复植被，增加地面植被覆盖，进而可以实现生态的自我发展、自我平衡。

(2)降低了风速，乌兰布和防风固沙林体系，其防风阻固沙作用，取决于不同植物种的配置结构类型。例如：沙枣窄带多带式防沙林带和沙拐枣、花棒混交阻固沙片林，这些林带的建立，

可以直接限制沙粒的流动,控制风速,减少输沙量;通过建立这些阻固沙片林,可以使沙地表面沙粒移动缓慢,局部地段形成结皮层,同时还可以改变沙地的蚀积环境,保护了沙面免受风蚀,控制土地沙漠化的扩展。

(3)改善了气候条件,通过在乌兰布和沙漠流沙地营造防风固沙林,经过几年后能使改造后的沙地变为绿洲,同时使沙区森林覆盖度逐年增加;也伴随着树木的生长和天然植被的恢复,给部分禾本科类植物提供“温床”。根据小气候的测定结果也可以表明,气象因子随着植被盖度大小而发生变化;空气湿度的增加、蒸发量要相对的减少。

上述研究结果表明,防风固沙林体系建成后,对改变沙漠地区环境条件,稳定工农业生产,促进畜牧业进一步发展有一定的作用。

3.4.2 经济效益

防风固沙林在乌兰布和风沙区营造后,能否在短期内获得较高的经济效益,取决于什么树种和林带配置结构。从试验可以看出,从不同的配置和不同的树种配置防沙固沙林带,其收益结果是不一样的。经调查,灌木固沙片林或灌木混交片林,每公顷造林投资 1250.7—1267.5 元,三年后生物量可达 7893.3—8945.1 公斤,其中饲料 3151.3—3662.8 公斤,薪炭柴 4726—5807.1 公斤,种子 163—191 公斤,总共收入 1273—1843.9 元,为投产的 1.09—3.15 倍;窄带多带式防沙林带,每公顷造林投资 1256.5 元,三年后饲草、薪炭柴、种子总共收入 1274.4—1473.8 元,为投资的 1.07—1.84 倍。乔灌结合宽带式防沙林带,每公顷造林投资 1525 元,3 年后灌木树种的嫩枝叶能为羊提供部分饲料,而乔木树种的产值,需要一个轮伐期后才能进行估算。经我们在乌兰布和一分场部分地区调查,乔灌结合宽带式防沙林带,其投产比值约为 1:20 倍。

此外,乌兰布和沙漠防风固沙林体系的建立,不仅可以改善生态环境及农牧业生产条件,提高了作物产量,增加了农民收入,而且每年还为其提高枯草期所需饲料和全年薪炭柴,从而进一步缓和林牧矛盾,保护了沙漠植被的繁衍和生长^[32]。

第四章 结论与讨论

4.1 结论

1、本文提出了在乌兰布和沙漠地区,根据当地的实际情况,通过测试得出各种植物种的生态生理指标、植物种的成活率和保存率指标,并通过几年的栽植实验得出在乌兰布和沙区适宜栽植的植物种的排序。其中最适宜栽植的植物种为梭梭,其他植物种成活率和保存率依次是:花棒、白刺、柠条、怪柳、杨柴、沙拐枣、沙枣、新疆杨。这些植物种的选择为今后的林业生产中选择树种提供了依据。

2、对乌兰布和防风固沙林的防护效能进行研究,并提出了四种适宜的造林模式,得出在不同立地条件下所需的造林模式,以及最适宜在乌兰布和沙区的造林模式。其中最有效的固沙林模式为阻固沙片林,通过前一年的准备,第二年的栽植,其保存率为最高;适宜栽植的树种有梭梭、沙拐枣、杨柴等。窄带多带式防沙林带适合在有流沙危害的绿洲边缘、农牧场和村庄附近;适宜栽植的树种以梭梭、沙拐枣为主。乔灌结合宽带式阻固沙林带适宜在有灌溉条件的平坦沙地和丘间栽植,适合在此类地区栽植的树种有籽蒿和沙枣。半固定沙丘灌木混交固沙林适宜在流动沙丘或流动性强的平坦沙地栽植,适合栽植沙拐枣、梭梭、花棒和籽蒿。

3、对防风固沙林对土壤的改良作用进行了研究,得出不同的造林模式下,对于改善土壤机械组成成份,以及对土壤有机成份的影响,同时也得出改善沙地土壤肥力的最佳造林模式。通过对不同类型林带流沙地土壤成分测定,得出固沙片林机械成分组成中细沙和极细沙含量为比其他几种林带中少,这就可以说明在林带的保护下,风速的降低,使细沙和极细沙沉降在林内,而流动沙丘在风力的长期吹扬与剥蚀下,细沙和极细沙明显的下降,也可以加速土壤的改良过程。

4、通过对防风固沙林的生态效益和经济效益的研究,得出不同模式的林带对于提高生态环境条件,稳定农业生产,促进畜牧业进一步发展等方面,以及带来的多种经济效益都具有积极的推动作用。通过固定沙丘、改良土壤结构,使部分沙地可以种植农作物,同时还可以发展畜牧养殖业,使年劳动力平均收入由 500 元增加到 3000—4000 元。

4.2 讨论

1、通过试验和平时的工作经验,在流动的沙丘或半固定沙丘上造林,为了确定其成活率和保存率达到最高水平;我认为其关键的一点是首先进行设置机械沙障,使沙面稳定。我们多年来采用粘土沙障,其基本作法是将沙障形式分为格状和带状两种,但以方格沙障为主。沙障规格为 $1.5 \times 1.5\text{m}$, $1 \times 2 \times 2\text{m}$ 的风蚀程度大致相同,而 2m , $1 \times 3\text{m}$ 的风蚀程度虽小,但成本过高。最好能采取 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 粘土沙障。

2、关于造林时间问题,近几年来,我们固沙造林由春秋两季造林,发展到四季造林,并且春季造林由 4 月份提前到 3 月份,秋季造林由 10 月份推后到 11 月份。因为沙丘解冻早,封冻晚,这样不但有利于造林成活,也有利于劳力安排。在夏季则采用容器育苗造林,最适宜时间为 5—6

月份, 根据资料表明。1990 年 6 月份容器育苗造林花棒 273 亩, 梭梭 243 亩。到 1991 年 6 月份调查, 平均高生长为 124cm, 平均冠幅为 1.21m^2 , 保存率为 90%。根据磴口县林业部门数据, 从 1998 年开始开展冬季造林试验, 通过实践表明, 沙生灌木植苗造林, 晚秋栽植, 经过冬季的漫长季节, 干梢现象并不严重; 但冬季造林存在管护等方方面面问题, 虽采取一定的措施, 但还是成活率不高。

参考文献

- [1]朱震达,王涛.我国沙漠化土地的潜力、现状、发展趋势与对策[A].中国科学院地学部.中国资源潜力、趋势与对策——中国科学院地学部研讨会文集[C].北京出版社,1993,198~202.
- [2]朱震达,王涛.从若干典型地区的研究对近十年来中国土地沙漠化演变趋势的分析[J].地理学报,1990,45(4):430~440
- [3]朱震达,刘恕.中国的沙漠化及其治理[M].北京:科学出版社,1989,27~42.
- [4]赵秉正.发扬延安精神坚持综合治理加快全面开发沙区经济步伐[A].林业部治沙办公室.动员起来向沙漠进军——全国治沙工作会议文集[C].中国林业出版社,1992,80~86.
- [5]王涛,吴薇.沙质荒漠化的遥感监测与评估[J].第四纪研究,1998,(2):108~118.
- [6]高尚武,1999,中国北部沙漠的自然特征及其改造,林业科学,4期.
- [7]高沿武,1999,治沙造林学,中国林业出版社.
- [8]赵业凡,1998,论防风固沙林初期的生物改良土壤作用,内蒙古林学院学报,第四期.
- [9]FAO,1989,干旱地区造林,联合国育林杂志(135号).
- [10]中国林业科学研究所林业研究所,平原农村科技.
- [11]中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所,1987,沙漠边缘地区优良固沙植物生态生物学特性、引种驯化及沙漠化防治措施研究(论文报告集).
- [12]磴口县区划办,1998年,磴口县农业区划.
- [13]冯林、杨玉珩,1986,三北地区造林成果,内蒙古林学院学报,6(1).
- [14]赵兴梁译,1989,干旱地区沙地水分状况与水分平衡,内蒙古林学院出版,47-70.
- [15]朱灵益等,1989,干旱灌区群众杨分期造林研究,林业科学,25(4)297-303.
- [16]中国科学院兰州沙漠研究所编,1985,《中国沙漠治理志》,科学出版社.
- [17]张志,1995,巴彦淖尔盟土地沙化的治理.
- [18]磴口县林业工作志,1994年.
- [19]1991年,乌兰布和生态治理框架,299-310.
- [20]顾万春,1984,林业试验统计.
- [21]第十七届国际杨树会议论文选编,1984,李兴国.
- [22]刘英心等,1985,中国沙漠植物志,第一卷,科学出版社.
- [23]中国科学院内蒙古宁夏综合考察队,1985,内蒙古植被,科学出版社.
- [24]李国庆,刘君慧,1982,树木引种技术,中国林业出版社.
- [25]R.A拜格诺,1995,风沙和荒漠沙丘物理学,科学出版社
- [26]大范围绿化工程对环境质量作用的研究,内蒙古出版社,柳培杰.
- [27]封沙育草研究,内蒙古林业杂志.
- [28]沙漠在哭泣,2001,巴彦淖尔报,韩慧茂.
- [29]生态环境建设与管理,赵廷宁、丁国栋.
- [30]内蒙古跨世纪青年林业研究文学,杨俊平

- [31]干旱区造林, 孙洪祥, 2002
- [32]林业产值理论方法与应用, 孙繁文
- [33]干旱区林业经济研究, 鄂斌泉
- [34]中国农业经济, 张振国, 1988。
- [35]农田防护林, 肖荣山, 1996。
- [36]河套平原自然条件及其改造, 孙金柱
- [37]沙漠化防治植被建设问题探讨, 《内蒙古林业科技》2004, 4
- [38]王涛, 中国沙漠与沙漠化 [M], 石家庄: 河北科学技术出版社, 2003.
- [39]姚洪林, 阎德仁, 内蒙古沙漠化土地动态变化 [M], 呼和浩特: 远方出版社, 2002。
- [40]阎德仁, 杨俊平, 沙尘物质的来源与防治途径[J], 干旱区资源与环境, 2004, (增刊); 120-123.
- [41]贾灵, 等, 沙产业中微型藻类的规模生产 [M], 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [42]史培军, 等, 危害治理与沙产业 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.
- [43]马世威, 等, 沙漠学 [M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998.
- [44]惠彦君, 陈川, 赵山志. 浑善达克沙地栽植草、灌木治理草场沙化技术 [J], 中国草地, 1996, (4): 19-23.
- [45]李景章, 周效明. 浑善达克沙地复合式固沙造林技术分析 [J], 防护林科技, 2001, (增刊); 16-17.
- [46]陈玉福, 蔡强国. 京沙浑善达克沙地荒漠化现状、成因与对策[J], 地理科学进展, 2003, 22 (4); 353-359.
- [47]杨文斌、白育英, 内蒙古生态脆弱带森林生态网络体系建设技术研究 [J], 干旱区资源与环境, 2003,
- [48]李纯英、杨文斌, 内蒙古农田防护林现状及发展 [J], 内蒙古林业科技, 1999, 2-20.
- [49]国家林业局, 西部地区林业生态建设分治理模式 [M], 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [50]郭连生, 田有亮, 运用 P V 技术对华北常见造林树种耐旱性评价的研究 [J], 内蒙古林学院学报;
- [51]王怡, 三种抗旱植物叶片解剖结构的对比观察 [J], 四川林业科技, 2003, 64-67

致 谢

在论文完成之际,首先向我的导师孙启忠研究员表示最衷心的感谢!

三年来,从孙老师的身上,我学到的不仅仅是作为一个科学工作者严谨细致的治学态度、求真务实的科研作风和高效的工作精神,更重要的是孙老师宽容的胸怀、正直的为人,平易近人的言行,实实在在地为我树起了做人做事的榜样。孙老师渊博的学识和敏锐的思维是本论文能够顺利完成的保障。

感谢研究生院刘荣乐老师、罗其友老师、朱文珊老师、王秀玲老师、高枫岚老师等在论文方面给予的指导,他们严谨细致、一丝不苟的作风一直是我工作、学习中的榜样;他们循循善诱的教导和不拘一格的思路给予我无尽的启迪,为本论文的顺利进行给予的有力支持。

衷心感谢我的单位领导杨海明、黄培兴等领导在林业知识方面的指导与关心;感谢单位同事黄云龙、马海波、孟昭华等同志在我写作出现困难时,给予我的大量帮助。感谢磴口县林业局、中国林业科学院沙林试验中心为我提供的方方面面的数据。

在此,谨向所有关心和帮助过我的每一个人表达我最诚挚的谢意!

感谢爸爸、妈妈多年来对我的培养,感谢所有亲人和朋友的理解和帮助!

作者简介

孟 乐，男，1982 年 4 月生于内蒙古自治区巴彦淖尔市磴口县；
2000 年毕业于东北财经大学金融学专业；
2000 年 7 月至 2005 年 7 月在内蒙古磴口县纪律检查委员会工作；
其间在磴口县林业局挂职锻炼一年。
2005 年 7 月至 2005 年 12 月任磴口县补隆淖镇人大副主席；
2006 年 1 月至今任磴口县补隆淖办事处宣统委员。
2004 年至今，一直从事造林方面研究；
2005 年被评为“优秀共产党员”；
2006 年被评为磴口县扶贫开发工作“先进个人”；
2006 年被评为磴口县民政工作“先进个人”；
发表的论文有“沙漠对农业的影响有多大”和“关于乌兰布和沙漠植被恢复与建设的理念”。