

毛乌素沙地退化防护林成因分析与修复改造建议

肖建明¹, 石长春², 魏道伟¹, 常苗苗¹, 付 斌¹, 关利峰³

(1.榆林市林业科学研究所, 陕西 榆林 719000; 2.陕西省林业科学院, 陕西 榆林 719000; 3.榆阳区林业种苗工作站, 陕西 榆林 719000)

摘 要: 榆林毛乌素沙地治理取得了显著成就, 但由于环境因素、人为因素等造成沙区防护林大面积退化。本文从防护林的退化成因方面进行了调查研究, 并提出改造建议。退化防护林主要包括人工乔木林和灌木林, 水资源匮乏和土壤肥力低下是造成林地退化的主要原因, 而林分生理过熟、人为干扰和自然灾害也是导致退化的重要因素。通过引入常绿树种樟子松和沙地柏, 把沙区退化林分改造成乔灌木结合、针阔叶混交, 既有防护功效又有经济效益的稳定生态系统。修复改造退化防护林应注重从栽植到后期管护各个环节, 加大抚育力度既能有效预防、修复退化林分, 又可预防病虫害及火灾的发生。

关 键 词: 退化防护林; 修复改造; 抚育; 退化成因

中图分类号: S727.2

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2021572

肖建明, 石长春, 魏道伟, 等. 毛乌素沙地退化防护林成因分析与修复改造建议[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(Supp.1): 34-38.

XIAO Jianming, SHI Changchun, WEI Daowei, et al. Analysis of Cause of Degradation Shelterbelt and Suggestions for Restoration in Mu Us Sandy Land[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(Supp.1): 34-38.

0 引 言

榆林市地处毛乌素沙地南缘, 沙区面积 2.4 万 km², 约占毛乌素沙地的 57.8%, 是全国土地荒漠化和沙化危害严重的地区, 也是全国生态脆弱的地区, 是三北防护林体系和京津风沙源工程的重点建设地区^[1]。新中国成立初期, 榆林沙区环境恶劣, 曾一度形成“沙进人退”的被动局面^[2]。1949 年以来, 榆林市持续开展大规模治沙造林运动, 全市林木保存面积从 1949 年的 4 万 hm² 提高到现在的 144 万 hm², 林木覆盖率从 0.9% 提高到 33%。治理沙化面积 2.4 万 km², 使境内 57.4 万 hm² 流沙全部得到固定或半固定^[3]。陕西的绿色版图因此向北推进了 400 km, 成为我国第 1 个完全“拴牢”流动沙地的省份^[4]。经过几代人奋战, 榆林沙区生态环境得以明显改善, 沙区植被主要以灌木林为主, 初步形成较为稳定的沙区生态环境。据统计, 目前榆林沙区造林保存面积约 100 多万 hm², 其中灌木林面积 60 多万 hm², 主要树种有沙柳、沙蒿、紫穗槐、柠条、花棒、踏榔、沙棘、沙地柏等, 飞播造林成功, 使得沙蒿成为治沙的“英雄”。统计资料

显示, 榆林沙蒿保存面积达到 22 万 hm², 沙蒿在毛乌素沙地治理中功不可没, 然而, 治沙“英雄”沙蒿被认定为过敏性鼻炎的“元凶”^[5]; 沙柳保存面积 30 多万 hm², 是维持沙区生态的主要树种, 由于未及时平茬更新, 大面积沙柳林面临死亡的威胁。60 多万 hm² 灌木林老化退化, 甚至接近死亡, 乔木树种杨树、柳树绝大多数成为“小老头”树, 沙区生态问题仍然严峻。近年来, 樟子松引种造林技术在榆林大面积推广, 樟子松四季常青, 耐干旱瘠薄, 防风固沙效果好, 被誉为半干旱区治沙造林的“沙漠之星”^[6]。樟子松的引种成功, 使得毛乌素沙地现有的以灌草为主的植被向乔灌木相结合、针阔混交的稳定林分过渡。但是, 从总体发展趋势看, 沙区的生态环境仍然脆弱, 现有林分结构简单, 老化退化现象严重, 防护效能极不稳定。退化防护林是指由于生理衰败、环境胁迫、人为过度干扰等, 林分提前或加速进入衰老阶段, 出现生长不良、濒死、枯死等现象, 导致林分结构失调、稳定性降低、功能退化甚至丧失, 且难以自然恢复的防护林^[7]。此外, 再加上环境胁迫等因素, 导致防护林保护功能降低, 病虫害增加。因此, 缓减和控制防护林的退化枯死刻不容缓, 亟须科学有效地改造毛乌素沙地退化防护林, 本研究针对毛乌素沙地防护林展开退化成因分析并提出修复改造建议, 从而为毛乌素沙

收稿日期: 2021-11-19

作者简介: 肖建明 (1975-), 男, 陕西榆林人。高级工程师, 主要从事林业技术推广研究。E-mail: 821380754@qq.com

地退化防护林规划提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

榆林市榆阳区马合镇、小纪汗乡、巴拉素镇等地处毛乌素沙地边缘地带，地势平坦，地貌属于风沙草滩区。气候属温带大陆性半干旱季风气候，其特点是干旱、风沙大、温差大。

1.2 野外调查

对研究区进行土壤肥力调查，对退化的沙柳和紫穗槐进行生理退化、人为干扰及自然灾害方面的调查。

2 结果与分析

2.1 水资源匮乏

榆林沙区地处中纬度地区的中温带区，属于干旱缺水地区。图 1 是榆林市 1981—2020 年平均年降水量，由图 1 可知，榆林市降雨主要集中在秋季，干旱少雨，降雨不匀，地下水严重不足，尤其 4—6 月植物生长需水时期是沙区严重干旱缺水时期，导致沙区防护林生长不良^[8]。

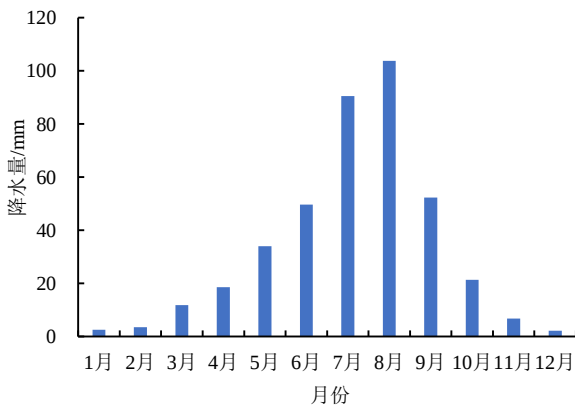


图 1 榆林市 1981—2020 年平均降水量全年分布图

Fig.1 Annual distribution map of average rainfall in Yulin City from 1981 to 2020

2.2 土壤肥力不足

土壤是防护林健康生长的关键，土壤肥力直接影响防护林的盛衰^[9]。表 1 为 2018 年不同林地土壤养分。由表 1 可知，退化越严重的林地土壤肥力越差。毛乌素沙地主要是沙质土壤，土质疏松，土壤极度贫瘠，保水保肥能力差，土壤改良资金投入过大，可行度低。因此，由于土壤自身问题致使林木生长不良，造成防护林严重退化。

2.3 林分生理过熟

20 世纪 70 年代建设的沙区乔木林已进入成熟期，生理功能逐渐衰退，成为“小老头”树，防护效能显著降低^[10]。灌木林主要树种沙柳、紫穗槐等，因缺少平茬复壮，出现树势衰弱、树木老化，抵抗力下

降，最后逐渐枯死的现象^[11]。2017—2019 年对榆阳区巴拉素镇沙区沙柳、紫穗槐退化程度调查。选择迎风坡沙柳、紫穗槐平茬后 6~14 a 的样地，分别选 30 株样本调查株高、冠幅、分枝总数、枯枝数等生长指标，用 3 a 调查的平均值分析沙柳、紫穗槐随着树龄的增长呈退化规律。

不同树龄沙柳林生长指标见表 2，不同树龄紫穗槐生长指标见表 3。由表 2 及表 3 可知，人工平茬 6 a 后的沙柳和紫穗槐退化速度逐渐加快，沙柳平茬 10 a 后，退化速度加快，紫穗槐平茬 12 a 后，退化速度显著加快。人工灌木林，由于自身生理特性，10 a 林龄以上生理机能逐渐衰退、逐渐枯老死亡。

表 1 退化林地和未退化林地地表有机质和养分含量比较

林地类型	有机质/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
未退化林地	7.88	18.2	1.61	96
半退化林地	4.15	14.8	1.41	66
沙区退化林地	1.37	6.1	1.20	28

表 2 不同树龄沙柳林生长指标

平茬后树龄	高度/cm	冠幅/cm	分枝总数/ (枝·丛 ⁻¹)	枝条 枯死数	枝条 枯死率/%
6 a	252.2	236.5	83	13	15.7
7 a	298.6	189.1	71	14	19.9
8 a	312.4	223.6	73	18	24.7
9 a	323.1	231.4	70	22	30.3
10 a	345.2	236.3	68	23	33.8
11 a	338.7	254.6	74	30	40.5
12 a	351.4	267.8	72	34	47.2
13 a	384.1	293.4	68	40	58.8
14 a	395.2	356.1	65	45	69.2

表 3 不同树龄紫穗槐生长指标

平茬后树龄	高度/cm	冠幅/cm	分枝总数/ (枝·丛 ⁻¹)	枝条枯死数	枝条枯死/%
6 a	99.5	143.2	17	2	11.8
7 a	112.4	149.3	19	3	15.8
8 a	108.7	153.1	23	4	17.4
9 a	123.6	138.4	31	8	25.8
10 a	147.3	138.6	27	8	29.6
11 a	154.3	144.8	32	10	31.3
12 a	176.1	165.7	28	10	35.7
13 a	183.4	191.5	34	16	47.1
14 a	204.3	218.4	30	17	56.7

2.4 经营管理及人为干扰

沙区防护林历来管理粗放,“只造不管”现象较为普遍^[12]。沙区畜牧业是群众收入主要来源,多数农户仍然采取野外放牧的方式,牛羊等动物啃食对植被的破坏很大,造成林木无法正常生长甚至死亡。沙区开采煤矿对原有植被破坏严重,煤矸水的排放导致大量植被枯死。

表 4 放牧后沙柳枯死率和植被覆盖率调查表

Table 4 Questionnaire on salix withered and vegetation coverage rate after grazing

时间	高度/cm	冠幅/cm	分枝总数/ (枝·丛 ⁻¹)	枝条 枯死数	枝条 枯死率/%	植被覆 盖率/%
放牧前	236.7	241.5	87	11	12.6	87.4
放牧 1 a 后	214.4	186.3	74	26	35.1	62.3
放牧 2 a 后	189.8	154.2	51	34	66.7	38.6
放牧 3 a 后	175.3	104.6	28	24	85.7	16.5

表 5 积水后沙柳枯死率调查表

Table 5 Questionnaire on the mortality rate of Salix psammophila after accumulation of water

时间	高度/cm	冠幅/cm	分枝总数/ (枝·丛 ⁻¹)	枝条 枯死数	枝条 枯死率/%
积水前	268.4	252.5	82	8	9.8
积水 3 月后	264.3	296.1	76	51	67.1
积水 6 月后	243.7	169.4	37	33	89.2
积水 1 a 后			22	22	100

2017—2019 年夏天对榆阳区马合镇沙区沙柳等植被遭受放牧破坏进行调查,结果如表 4 所示;2017—2019 年秋季对榆阳区小纪汗乡沙区沙柳遭受水淹破坏进行调查,结果如表 5 所示。由调查结果可知,放牧、积水等导致枝条枯死率明显增加,植被覆盖率显著降低。表明放牧及积水等对沙区植被造成毁灭性的破坏。沙区非法开垦林地、乱砍滥伐现象较为严重,林地面积逐年减少导致新开垦的农田土壤风蚀沙化,严重影响榆林沙区治理成果^[13]。大面积的沙柳林由于放牧、人为破坏而加速死亡,加之煤炭的开采导致沙区水位严重下降,加速了沙柳死亡速度,而煤矿附近沙湾积水严重,周围沙柳面临死亡的威胁。

2.5 自然灾害

近年来,沙区连年干旱,致使沙区地下水位下降,沙化加重,风沙天气增多,年均大风天数为 32.6 d,年均沙尘暴天数为 11.8 d。长期风沙天气使土壤水分和养分流失加剧,严重影响林木的正常生长^[14]。2017—2018 年选择 10 a 生沙柳人工林样地,调查迎风坡上部不同地下水位人工沙柳林生长状况,地下水位通过调查当地打井深度进行估测,每个类型调查沙柳 10 株,重复调查 3 次,然后求平均值。不同地下

水位人工沙柳林生长状况如表 6 所示。

表 6 不同地下水位人工沙柳林生长状况

Table 6 Growth status of artificial Salix plantations with different groundwater levels

地下 水位/m	沙柳 高度/m	冠幅/cm	分枝总数	枝条 枯死率/%	新萌 生枝数
3~8	3.74	310.2	82	42.5	3
10~20	3.68	297.3	69	51.7	1
20 以下	3.66	286.1	68	71.4	0

沙区的树种单一,生长状况差,抵抗能力弱,导致病虫害的大量发生,致使林木生长衰弱,引发林分衰退,甚至造成林木死亡^[15]。2018 年对榆阳区马合镇沙区人工沙柳林柳毒蛾危害进行调查,柳毒蛾危害分为轻度(危害叶片低于全株 1/5)、中度(危害叶片占 1/5~1/3)、重度(危害叶片占 1/3~1/2)、极重度(危害叶片高于全株 1/2),选择 6 a 生沙柳受害植株进行调查,每个类型调查沙柳 10 株,重复调查 3 次,然后求平均值。柳毒蛾危害后人工沙柳林生长状况如表 7 所示。

表 7 柳毒蛾危害后人工沙柳林生长状况

Table 7 The growth status of artificial Salix psammophila forest damaged by tussock moth

危害程度	高度/m	冠幅/cm	分枝总数	枝条枯死率/%	新萌生枝数
无危害	3.18	314.5	73	9.6	8
轻度	3.26	334.1	77	12.7	5
中度	3.09	325.4	82	23.8	2
重度	3.54	289.4	65	45.3	0
极重度	3.31	275.7	67	68.4	0

由表 6、表 7 可知,随着地下水位增加,沙柳高度、冠幅、分枝总数及新萌生枝数均降低,枝条枯死率显著提高,沙柳生长状况变差;随着柳毒蛾危害程度提高,沙柳冠幅、分枝总数及新萌生枝数减少,枝条枯死率显著提高,沙柳生长状况愈差。这是因为沙区纯林较多,林分结构简单,捕食性、寄生性天敌的种类和数量较少,容易遭受病虫害的侵袭,从而导致林木的衰老退化。干旱、病虫危害等自然灾害极大地加速了沙柳衰老退化,人工营造的林分对自然灾害的抵抗能力较差,自然灾害容易引起大面积枯死^[16]。

3 讨论

毛乌素沙地干旱少雨,土壤贫瘠,自然环境恶劣,导致沙区防护林过早出现退化现象,由于人为管理不善,加速了防护林的退化速度。本文通过对地处黄土高原与毛乌素沙地的接壤带的榆林市榆阳区巴拉素镇沙柳和紫穗槐的退化成因方面进行了调查研究,研究结果表明水资源匮乏和土壤肥力低下是造成林地

退化的主要原因，而林分生理过熟、人为干扰和自然灾害也是导致退化的重要因素。因此，提出毛乌素沙地退化防护林的修复改造建议。榆林沙区退化防护林主要包括乔木树种中的杨柳“小老头”树和人工灌木林，针对退化程度不同的防护林采用不同的修复改造措施。

3.1 抚育修复

沙区人工灌木林主要包括沙柳、紫穗槐、沙蒿、花棒、踏郎、柠条等，是维持沙区生态环境稳定的主要树种，乔木树种杨柳“小老头”树和近年推广的樟子松，根据乔灌木自身生理特性，分别采取相应措施。

1) 沙蒿

沙蒿是毛乌素沙地的治沙“英雄”，近年来被冠以“过敏性鼻炎元凶”的帽子，部分地区开始大量清理，针对这一问题，应当理性对待。作为“拴住”流沙的主要树种，在没有完全认清过敏性鼻炎罪魁祸首之前，切不可进行人为破坏，相反应加以保护，以免出现二次沙化的危险。

2) 沙柳、紫穗槐、花棒、踏郎、柠条等

沙柳、紫穗槐、花棒、踏郎、柠条等是沙区维持生态的主要灌木树种，尤其沙柳分布面积广，防护效能显著。这些灌木都是耐平茬树种，只要及时平茬，即可达到复壮的目的。根据调查研究，在不同立地条件下，沙柳一般8~10 a平茬1次就可维持其正常生长；紫穗槐、花棒、踏郎10~12 a平茬1次；柠条5~8 a平茬1次即可恢复正常生长。榆林沙区现存灌木林60多万 hm^2 ，要维持灌木林正常生长，每年应下达至少5万~6万 hm^2 灌木林平茬任务，才能逐渐修复沙区退化灌木林，确保沙区灌木林健康生长，维持沙区生态环境，巩固榆林多年来的治沙成果。

3) 杨柳“小老头”树

杨柳“小老头”树根据其退化程度分别处理，失去防护效能、严重退化（枯死达1/3以上）的树木进行清除；退化较轻、生长不良的树木通过清除死枝、修枝等抚育措施促进其生长。

4) 樟子松

樟子松寿命可达百年以上，四季常青，沙区的樟子松，虽然未表现出退化迹象，但必须及时抚育，以防过早进入退化阶段。樟子松抚育措施首先是清除枯死株，一穴多株的情况只保留1株健壮株，其余全部清除；其次清理枯死枝，然后修剪下部枝条，保留冠高比（树冠高度与树高之比）为1/2~2/3，增加通风条件，预防病虫害和火灾的发生。

3.2 补植补造

退化防护林经抚育过后需要补植的进行补植补造，补植原则：坚持适地适树的原则，选择适合沙地

生长的树种进行补植，树种搭配尽量做到乔灌木结合、针阔叶混交。树种配置模式：

1) 乔木林或乔灌木混交林地补植乔木+灌木

沙区原有杨柳“小老头”林，经过抚育清理后，按照6×6 m株行距插空补植樟子松，在樟子松行间距离樟子松2 m处插入3行沙地柏，沙地柏按照1×1 m株行距栽植，樟子松成林后逐年清除退化严重的杨柳树。

2) 灌木林地补植乔木+灌木

沙区原有沙柳、沙蒿等灌木林，按照6×6 m株行距栽植樟子松，在樟子松行间距离樟子松2 m处插入3行沙地柏，沙地柏按照1×1 m株行距栽植，经补植把原有灌木林改造成乔灌木结合的混交林。坚持因地制宜、适地适树，充分考虑水资源承载能力，宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草，构建沙区健康稳定的生态系统。

4 结 论

榆林毛乌素沙地治理取得了显著成就，但仍然存在着生态环境脆弱，林分结构简单，老化退化现象，从而导致防护效能不稳定。此外，再加上环境胁迫等因素，造成了沙区防护林大面积退化，防护林保护功能降低。因此，缓减和控制毛乌素沙地防护林的退化枯死刻不容缓，亟须科学有效地改造毛乌素沙地退化防护林，本研究针对毛乌素沙地防护林展开了退化成因分析，从水资源匮乏、土壤肥力不足等原因展开了调查研究，初步得出以下结论：

1) 土壤肥力越差导致林木生长状态越差。

2) 人工平茬6 a后的沙柳和紫穗槐退化速度逐渐加快，平茬10 a后的沙柳，退化速度显著加快，平茬12年后的紫穗槐，退化速度显著加快。

3) 放牧、积水等导致枝条枯死率明显增加，植被覆盖率显著降低。

4) 随着地下水位的下降，人工林生长状况变差；随着柳毒蛾等病虫害危害程度的增加，人工林生长状况越来越差。

综上所述，由于生理衰败、环境胁迫、人为过度干扰等，林分提前或加速进入衰老阶段，出现生长不良、濒死、枯死等现象，导致林分结构失调、稳定性降低、功能退化甚至丧失，而通过引入常绿树种樟子松和沙地柏，把毛乌素沙地退化林分改造成乔灌木结合、针阔叶混交、既有防护功效又有经济效益的稳定生态系统。此外，修复改造退化防护林应注重从栽植到后期管护各个环节，加大抚育力度既能有效预防、修复退化林分，又可预防病虫害及火灾的发生。

参考文献:

- [1] 肖建明, 关利峰, 张泽宁, 等. 榆林毛乌素沙地沙柳人工林生长状况调查研究[J]. 陕西林业科技, 2020, 48(1): 42-44.
- [2] 喻权刚, 喻恺阳, 张景望. 从百年时间跨度照片对比分析毛乌素沙地生态变化[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 307-312.
- [3] 高艳波. 榆林市林业发展与生态文明建设的几点思考[J]. 绿色科技, 2021, 23(7): 122-123.
- [4] 拓飞, 刘生权. “拴牢”流沙 巩固成果 榆林市“塞上森林城”提质增效再出发[J]. 国土绿化, 2020(6): 16-19.
- [5] 郭烨, 崔清涛, 马晓罡, 等. 鄂尔多斯市伊金霍洛旗采煤沉陷区生态治理规划[J]. 内蒙古林业科技, 2020, 46(2): 54-58.
- [6] 蒋伟, 王洁琼. 榆林市沙地樟子松生长状况调查初探[J]. 科技风, 2011(17): 91, 93.
- [7] 白日军. 山西省退化防护林成因分析与修复改造措施探讨[J]. 内蒙古林业调查设计, 2018, 41(5): 5-6, 104.
- [8] 欧阳君祥. 内蒙古赤峰市退化防护林改造更新研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(9): 1-8.
- [9] 亚森·吾甫尔. 退化防护林的现状分析与修复策略研究[J]. 农民致富之友, 2015(12): 121.
- [10] 梁燕, 王泽. 退化防护林的现状分析与修复策略探究[J]. 南方农业, 2018, 12(29): 59, 61.
- [11] 肖建明, 王生源, 乔占国, 等. 毛乌素沙地人工灌木林平茬复壮技术研究[J]. 防护林科技, 2019(8): 47-49.
- [12] 卜军. 辽宁省退化防护林现状及成因分析[J]. 防护林科技, 2016(6): 101-102.
- [13] 彭光景. 隆回县退化防护林的现状分析与对策[J]. 林业建设, 2015(5): 16-18.
- [14] 李吉鹏, 张瑞娟. 陕西退化防护林建设存在问题与改造建议[J]. 中国林副特产, 2019(2): 79-82, 84.
- [15] 李红艳. 彰武县退化防护林现状及改造分析[J]. 防护林科技, 2015(6): 84-86.
- [16] 罗天嵩. 河西走廊退化防护林修复改造思考[J]. 甘肃林业, 2020(2): 22-23.

Analysis of Cause of Degradation Shelterbelt and Suggestions for Restoration in Mu Us Sandy Land

XIAO Jianming¹, SHI Changchun², WEI Daowei¹, CHANG Miaomiao¹, FU Bin¹, GUAN Lifeng³

(1. Yulin Forestry Research Institute, Yulin 719000, China; 2. Shaanxi Academy of Forestry Sciences, Yulin 719000, China;

3. Yuyang Forestry Seedling Station, Yulin 719000, China)

Abstract: Significant achievements have been made in the management of Mu Us sandy land in Yulin, but the shelter forest in the sandy area has been degraded in a large area due to environmental and human factors. This paper investigates the causes of the degradation of shelter forest, and puts forward some suggestions for transformation. The degradation protection forest mainly includes artificial arbor forest and shrub forest. The lack of water resources and low soil fertility are the main causes of forest land degradation, and the physiological over maturity of forest stand, human disturbance and natural disasters are also important factors leading to degradation. By introducing evergreen tree species *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and *Sabina vulgaris*, the degraded forest in the sandy area was transformed into a stable ecosystem with the combination of trees, shrubs and grasses, coniferous and broad-leaved mixture, which has both protective effect and economic benefit. The restoration and transformation of degraded protective forest should pay attention to all links from planting to later management and protection, and increase the tending strength, which can not only effectively prevent and repair the degraded forest stand, but also prevent the occurrence of diseases, pests and fires.

Key words: degraded shelterbelt; restoration and transformation; tending; causes of degradation

责任编辑: 白芳芳