

干旱沙区盐碱退耕地生态恢复模式研究

柴成武, 贺访印, 魏林源, 尉秋实, 李昌龙, 仲生年

(甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室 省部共建国家重点实验室培育基地

甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 兰州 730070)

摘要:以民勤湖区不同年代退耕地植被调查为依据,确定自然恢复目标,提出了 10 种盐碱退耕地植被恢复模式,并通过各种盐碱退耕地 3 a 后植被恢复相关指标评价选出 6 种良好的生态恢复模式:黄毛头封育模式(SEFM)和黑果枸杞封育模式(LEFM)为接近自然植被的恢复模式,但该模式需在灌水抚育一定年限后才能去掉灌水措施进行自然封育;“柽柳+乌拉尔甘草”(TGPM)和“柽柳+苜蓿模式”(TMPM)属纯粹人工恢复模式,需造林初期加大造林密度,在后期抚育中通过间伐措施来降低生态压力而作为一种良好的生态恢复模式;“柽柳+花花柴”(TKPM)和“柽柳+黑果枸杞”模式(TLPM)以较低的生态成本达到了较高的生态效益,是生态恢复模式最佳选择。

关键词:干旱沙区; 盐碱退耕地; 生态恢复模式

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0208-04

The Study on Vegetation Restoration Model of Saline Abandoned Farmland in Arid Sandy Regions

CHAI Cheng-wu, HE Fang-yin, WEI Lin-yuan, YU Qiu-shi, LI Chang-long, ZHONG Sheng-nian

(State Key Laboratory of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Gansu Desert Control Research Institute,
Country Field Science Observation and Study Station of Gansu-Minqin Desert Meadow Ecosystem, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Some natural recovery objectives were set up and 10 modes of saline vegetation restoration were put forward based on vegetation survey in different years on abandoned farmland in Minqin lake regions. Six better ecological restoration models were selected by the evaluation of the relevant indicators of the model vegetation which performed in three years. SEFM and LEFM are near-natural vegetation recovery mode, but this model based on some irrigation measures in the initial three years will be near-natural recovery at the later stage. TGPM and TMPM are the purely artificial recovery models which are good for increasing the plant density in the initial planting, thinning plants at the later stage to reduce the ecological pressure. TLPM and TLPM are the best models in terms of low cost and high eco-efficiency.

Key words: arid sandy region; saline returned farmland; vegetation restoration model

目前对植被恢复方面的研究已经进行多年,也取得了相当成就,主要从植被自然演替规律、人工恢复的方法以及演替与生物多样性的关系等多个方面展开了研究^[1-2]。如黄从德等研究了退耕还林地在植被恢复初期碳储量及分配格局^[3];李艳等阐明了植被重建的水土环境效应^[4];焦峰等研究了退耕地土壤养分变异^[5-6];胡建忠等研究了人工配置植物的生态位^[7]。这些研究从地域上来说研究区多为黄土高原地区,降水量在 200 mm 以上,从内容上来说研究内容多为人工植被恢复与重建理论及其模式^[8-12]。对

干旱沙区退耕还林,其研究依然基于非退耕地^[13-15]、较高降水量地域上的盐碱地植被恢复重建^[16-18],鲜见有干旱沙区盐碱地退耕地植被重建模式的报道,而且没有得到足够重视,本文旨在从不同年代干旱沙区盐碱地退耕植被恢复方面提出干旱沙区盐碱地退耕还林模式,进一步推进干旱沙区盐碱地退耕还林模式的研究。

1 研究区概况

研究地石羊河尾间民勤湖区位于甘肃民勤绿洲东北部,地理位置东经 103°02′—104°02′,北纬 38°05′

收稿日期:2011-04-11

修回日期:2011-05-24

资助项目:国家科技支撑项目“民勤绿洲退耕地沙漠化、盐碱化防治与生态建设试验示范”(2007BAD46B04)

作者简介:柴成武(1980—),男,甘肃会宁人,硕士,助理研究员,主要从事荒漠化防治与荒漠生态水文研究。E-mail:chaichengwu@sina.com

-39°06′。气候属温带干旱荒漠气候,多年均温7.8℃,年日照时间长,昼夜温差大,平均年降水量在113.2 mm,蒸发量2 644 mm,降水主要集中在7—9月,干燥度大于5.5,年平均风速2.55 m/s,平均年沙尘暴日数37 d。土壤类型以风沙土、灰棕漠土、草甸土、草甸沼泽土为主,耕作土壤为灰棕漠土、草甸土等土类经过长期灌溉淋溶、耕作施肥等人为作用下形成的特殊土类——绿洲灌漠土。植被类型以蒺藜科、藜科、柽柳科、禾本科为主要科类。绿洲及其外围植被覆盖率为6.996%,乡土固沙造林树种主要为沙枣(*Elaeagnus angustifolia*),但因地下水位下降,近年来已基本干枯。目前,绿洲外天然植被主要为白刺(*Nitraria tangutorum*)灌丛、柽柳(*Tamarix chinensis*)灌丛、人工植被梭梭(*Haloxylon ammodendron*)等,是干旱沙区盐碱退耕地研究地的理想选择区域。

研究地石羊河尾间民勤湖区土壤盐碱化直接原因为地下水位下降。20世纪50年代初,该区绿草如茵,湖泊遍布,但随气候变迁及修建水库等人为因素影响,致使石羊河断流,难以持续补给其尾间民勤湖区湖泊,湖区沼泽逐渐消失,况且长期以来该区灌溉水源多为矿化度较高的地下水,从而形成了比较特殊的干旱区盐碱地。

2 研究方法

本项目采用空间尺度代替时间尺度的方法反演50 a内盐碱化退耕地植被自然恢复历程,在环境相似区,分别选择20世纪50年代、60年代、70年代、80年代、1999年、2004年、2007年共7个不同年代盐碱化退耕地典型样地,采用5点10 m×10 m永久样方法调查不同年代及年内植被动态变化,了解自然恢复历程,以此为参考依据进行人工干预,加速植物群落演替进程,起到快速进行植被恢复,加强植被防风固沙、达到调节目下水资源压力的目的,通过不同恢复模式的评价确定当地最佳适宜植被恢复模式。

3 干旱区盐碱退耕地生态恢复目标

物种多度一般指物体的个体数目或种群密度,是物种普遍度的度量指标。如表1所示,1999年以后退耕10 a内物种主体表现为一年生草本和多年生草本,且多度较低,皆不大于10;20世纪80年代样地始出现小灌木黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr.),多度高达231.8,仅次于独行菜(*Lepidium apetalum*),多年生草本细叶骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)多度值也高达158;60年代、70年代表现出了同样的变化规律,50年代已经与非退耕地的自然植

被一致表现为黄毛头(*Slenderbranch kalidium*)或黑果枸杞的小灌木群落。物种重要值80年代以后样地表现为一年生草本、多年生草本与小灌木的竞争阶段,且多年生草本重要值之和大于小灌木,但是在80年代以前则小灌木重要性大于多年生草本,表现为小灌木黑果枸杞和黄毛头为群落优势种。因此,民勤湖区盐碱化退耕地的自然演替规律为:一年生草本植物群落→多年生草本植物群落→灌木或半灌木群落。这种演替过程大概需要20多年,通过50 a前退耕地植被和原始植被的对比研究,黑果枸杞(灌木)或黄毛头(半灌木)群落为盐碱化退耕地自然演替的顶极群落,它们往往形成单优群落,在部分区段形成共优群落。群落多样性随演替时间的延长反而降低,群落向单一化类型演替。

4 干旱区盐碱退耕地生态恢复模式

4.1 模式内容

(1)黑果枸杞封育模式。退耕后以黑果枸杞23 100株/hm²栽植密度栽植苗子或10 cm×30 cm的密度点播种子,灌水采用漫灌方式。优点是黑果枸杞在干旱盐碱地有良好的适应性,易成活,年生长量可达8 cm,更新良好;缺点是黑果枸杞冬季干、脆,易折。因此为更好发挥生态效益,造林初期在冬季要加强防护。

(2)黄毛头封育模式。退耕后以黄毛头31 500株/hm²的栽植密度栽植苗子或10 cm×30 cm的密度点播种子,灌水采用漫灌方式。优点是造林成功后适应性较强,植被盖度可达50%以上;缺点是造林初期成活率不高,人工栽植难。适用于盐碱化极严重的干旱盐碱地。

(3)柽柳造林模式。采用开沟造林方式,开沟宽度2 m或4 m,造林密度2 m×2 m或1 m×4 m,林木成活成林后采用间伐方式保存2 100株/hm²。分为纯柽柳造林、林带内播种多年生草本植物种子和柽柳与小灌木混交林3种,草本植物点播密度10 cm×30 cm。具体为如下5种模式:纯柽柳林、柽柳+乌拉尔甘草、柽柳+苜蓿(*Medicago sativa* Linn)、柽柳+花花柴(*Kareliniacaspia* Pall. Less.)、柽柳+黑果枸杞。灌水采用沟灌方式。优点是柽柳作为盐碱化退耕地造林的先锋树种,造林成活率在85%~90%以上,按上述密度造林后3 a其林分总盖度可达到35%以上。如果要想实现快速生态恢复,可采取柽柳+甘草、柽柳+苜蓿为主的灌药、灌草组合生态恢复技术,不仅可以实现退耕盐碱地治理,使土壤盐碱含量下降21.4%~25.1%,而且植被盖度可提高到35%以上;缺点是在灌水方面要求较高。

表 1 盐碱化退耕地群落优势种重要值(>10)

退耕年代	植物种	多度(物种数)	相对密度/%	相对频度/%	相对盖度/%	重要值
50 年代	黄毛头	63.00	35.80	41.67	73.57	151.04
	黑果枸杞	110.00	62.50	41.67	7.56	111.73
60 年代	黑果枸杞	138.80	38.07	22.73	0.87	61.67
	白茎盐生草	156.40	42.90	13.63	2.68	59.21
	泡泡刺	4.20	1.15	22.73	18.42	42.3
	黄毛头	57.60	15.80	22.73	0.82	39.35
	红砂	0.20	0.05	4.55	30.36	34.96
70 年代	黑果枸杞	135.80	34.69	27.78	2.59	65.06
	独行菜	192.00	49.03	5.56	0.04	54.63
	黄毛头	12.00	3.06	27.78	7.72	38.56
	细叶骆驼蓬	49.30	12.60	22.22	0.23	35.05
80 年代	黑果枸杞	231.80	18.36	37.59	13.25	69.20
	独行菜	800.00	63.35	4.14	0	67.49
	细叶骆驼蓬	158.00	12.51	37.59	0	50.10
1999 年	细叶骆驼蓬	6.40	17.98	16.13	4.66	38.77
	顶羽菊	3.20	8.99	16.13	12.33	37.45
	白茎盐生草	4.60	12.92	16.13	5.58	34.63
2004 年	骆驼蓬	3.80	19.39	21.74	63.55	104.68
	细叶骆驼蓬	6.80	34.69	21.74	15.66	72.09
	苦苣菜	4.20	21.43	21.74	2.35	45.52
	芦苇	3.80	19.39	21.73	2.00	43.12
2006 年	白茎盐生草	5.20	13.61	9.80	20.84	44.25
	田旋花	4.00	10.47	9.80	9.18	29.45
	骆驼蓬	1.50	3.93	7.84	16.69	28.46
原始植被	黄毛头	10.00	50.51	55.30	35.97	141.78
	细叶骆驼蓬	2.90	14.65	3.68	32.04	50.37

注:白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus* Moq.);泡泡刺(*Zygophyllaceae*);红砂(*Reaumuria songarica* Pall. Maxim.);顶羽菊(*Acroptilon repens* L. DC.);苦苣菜(*S. leraceus*);田旋花(*Convolvulus arvensis* L.);骆驼蓬(*Peganum harmala* L.)。

(4)沙蒿恢复模式。采用开沟苗木造林方式或散播种子。开沟苗木造林方式开沟宽度 2 m 或 4 m,造林密度 2 m×2 m 或 1 m×4 m,灌水方式为沟灌;散播种子方式不需要开沟,散播密度 10 cm×30 cm,灌水方式为漫灌。优点是在盐碱度较低的干旱区成活率高,覆盖度大;缺点是受盐碱胁迫较大。以散播种子恢复效果较好。

(5)四翅滨藜(*Atriplex Canescens*)恢复模式。采用开沟苗木造林方式。开沟苗木造林方式开沟宽度 2 m 或 4 m,造林密度 2 m×2 m 或 2 m×4 m,灌水方式为沟灌。优点是在盐碱度较低的干旱区成活率高,覆盖度大;缺点是受盐碱胁迫较大。以栽植苗木效果较好。

(6)乌拉尔甘草(*Glyrrhiza uralensis*)恢复模式。采用点播种子方式营造多年生草本,点播密度 10 cm×30 cm,灌水方式为漫灌。优点是在造林初期灌水的情况下生态恢复效果较好;缺点是在缺水状况下覆

盖度迅速下降。这种模式主要适宜于灌木造林初期进行生态防护。

4.2 恢复模式分析

从维持苗木灌水量、恢复 3 a 内相对盖度、灌木冠幅、灌木高度、受人畜破坏及自然原因的苗木保存率、表达防风阻沙效果的疏透度共 6 个指标评价各种模式。

应用 SPSS 进行主成分分析,在表 2 中,第一、二主分量的旋转特征根分别是 3.168 和 1.983,其涵盖整个变量的信息分别是 52.799%和 33.049%。由于前两个主分量综合了整个信息量的 85.848%,根据数学理论,可以只取前两个主分量,实现减少维数的目的。为了将主分量放在最有利于分析的空间来展开,使得对公因子的命名和解释更容易,需要对因子模型实行旋转变换,本文采用方差正交旋转,实现对因子的解释,将 6 个指标进行压缩得到主成分因子(表 3)。通过旋转和计算,得到新的较为理想的因子

载荷阵和因子得分系数矩阵,每一个单位得分总值由式(1)计算。

$$F_i = \sum_{j=1}^m d_{ij} f_{ij} \tag{1}$$

式中: F_i ——第 i 个单位得分总值; d_i ——第 j 个因子贡献率,作为权重; f_{ij} ——第 i 个单位第 j 个因子得分。

由表 3 的主成分因子值可以看出,与第一主分量(因子)相关性大的几个指标分别是相对盖度、灌水

量、疏透度、保存率。因此,将第一主分量理解为生态成本指标,即第一主分量的因子值从大变小说明生态成本变小,特征为灌水量小、盖度小、疏透度大,保存率低;同样,与第二主分量相关性好的是植被生长指标,因此将第二主分量定义为生态效益,表现植被的高生长及大冠幅。即当它的因子值由小到大时,表明植被生长良好。

表 2 总方差解释

主分量	协方差矩阵的特征根			旋转后各因子提取方差比		
	特征根	方差百分比	累积贡献率	特征根	方差百分比	累积贡献率
1	3.372	56.206	56.206	3.168	52.799	52.799
2	1.779	29.643	85.848	1.983	33.049	85.848
3	0.521	8.687	94.535			
4	0.241	4.021	98.556			
5	0.072	1.202	99.758			
6	0.015	0.242	100.000			

表 3 旋转主成分矩阵

项目	相对盖度	灌水量	疏透度	保存率	平均冠幅	平均高度
因子 1	0.977	0.923	-0.875	0.758	0.127	0.062
因子 2	-0.078	-0.011	-0.313	0.215	0.962	0.953

由表 4 可以看出,黄毛头封育模式和黑果枸杞封育模式生态成本不高,生态效益接近于自然荒漠植被;“怪柳+乌拉尔甘草”和“怪柳+苜蓿模式”生态成本较高,生态效益也较好;纯怪柳林生态成本较低,但生态效益较好,是良好的生态模式;“怪柳+花花柴”

和“怪柳+黑果枸杞”模式以较低的生态成本达到了较高的生态效益,也是一种良好的生态恢复模式;沙蒿恢复模式和四翅滨藜恢复模式生态成本较低,但生态效益一般;乌拉尔甘草恢复模式生态成本较高,但生态效益反而不好,是不可取的生态恢复模式。

表 4 各种恢复模式的因子得分值

恢复模式	因子 1	因子 2	恢复模式	因子 1	因子 2
黄毛头封育模式	-0.24542	-0.58458	怪柳+花花柴	-0.56777	0.88223
黑果枸杞封育模式	-0.91263	-1.49171	怪柳+黑果枸杞	-0.65688	0.86008
纯怪柳造林模式	-0.29546	0.90124	沙蒿恢复模式	-0.70466	-0.14610
怪柳+乌拉尔甘草	1.09569	0.70085	四翅滨藜恢复模式	-0.75809	0.14448
怪柳+苜蓿	1.94526	0.54306	乌拉尔甘草恢复模式	1.09996	-1.80954

5 结 论

由于项目实施期短,监测时间较短,以短期各生态恢复模式相关指标为依据产生的评价存在一定弊端,难以反应其长期效应。黄毛头封育模式和黑果枸杞封育模式在短期内虽然不是理想的选择,但是该模式为接近自然植被的恢复模式,因此可考虑在灌水抚育一定年限后去掉灌水措施进行自然封育,因此也可以选择该种模式;“怪柳+乌拉尔甘草”和“怪柳+苜蓿模式”属纯粹人工恢复模式,在加大生态成本的同时,获得了良好的生态效益,但具有加大生态压力的缺陷,因此在后期抚育中可考虑间伐措施来降低生态压力而作为一种良好的生态恢复模式;当然“怪柳+花花柴”和“怪柳+黑果枸杞”模式以较低的生态成本达到了较高的生态效益,是生态恢复模式最佳选择。

参考文献:

[1] 马长明,袁玉欣.国内外退耕地植被恢复研究现状[J].世界林业研究,2004,17(4):24-27.

[2] 王堃,吕进英.退耕地的自然演替与人工恢复[J].中国农业资源与区划,2000,21(4):51-55.

[3] 黄从德,张健,邓玉林,等.退耕还林地在植被恢复初期碳储量及分配格局研究[J].水土保持学报,2007,21(4):130-133.

[4] 李艳,李鹏,赵忠.退耕地植被恢复演替的生态环境效应研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(8):155-159.

[5] 焦峰,温仲明,焦菊英.黄土丘陵区退耕地土壤养分变异特征[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):724-730.

[6] 陈小红,张健,赵安玖.短期型林(竹)一草复合植被还林初期土壤碳氮动态变化[J].水土保持学报,2008,22(2):126-130.

份成灾指数概率的大小与旱涝保守率的整体走势比较一致。无论风险性的高低变化,图3显示旱涝保守率的整体趋势是逐年提高,其影响因素综合复杂,包括自然和人为因素的诸多方面,对其因素的分析还有待进一步探讨。

表3 2000—2007年邢台市成灾指数概率分布

年份	成灾指数	概率	年份	成灾指数	概率
2000	0.0964	0.079076	2004	0.0282	0.077716
2001	0.0750	0.092982	2005	0.0255	0.062825
2002	0.1040	0.069717	2006	0.0507	0.095066
2003	0.0602	0.096098	2007	0.0266	0.062825

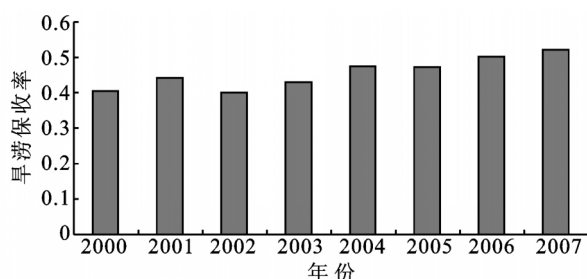


图3 2000—2007年邢台市旱涝保守率变化情况

4 结论

运用评估模型对邢台市2000—2007年8a的统计数据进行了风险评估,得出旱灾影响的时间频率和损失程度的概率分布,简明直观,便于对邢台旱情有更清楚的认识。

邢台旱灾几乎连年发生,受损程度主要集中在10%~20%,加之冻害、风灾等其它灾害的影响,对于以农业为主要产业的邢台市十分不利,农业旱灾不容忽视。要求有关部门,加强旱情监测,抓好农田水利设施建设,合理利用水资源,建立完善的农业防灾减灾体系,将灾害损失降到最低限度。

自然灾害风险分析对数据的要求往往很高,尤其小区域的数据缺乏,无法使用传统的概率统计方法,本文采用的数据量虽小,利用模型得出风险分析结果与实际情况相符,有其实用性,对邢台农业旱灾的灾害研究理论体系的完善有所帮助,对区域防灾减灾的可持续发展也有一定意义。

参考文献:

- [1] 何斌,武建军,吕爱锋. 农业干旱风险研究进展[J]. 地理科学进展,2010,29(5):557-559.
- [2] 黄崇福. 自然灾害风险评估理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2005:180-183.
- [3] 梁保松,曹殿立. 模糊数学及其应用[M]. 北京:科学出版社,2007:15-38.
- [4] 王积全,李维德. 基于信息扩散理论的干旱区农业旱灾风险分析:以甘肃省民勤县为例[J]. 中国沙漠,2007,27(5):827-829.
- [5] 孙才志,张翔. 基于信息扩散技术的辽宁省农业旱灾风险评估[J]. 农业系统科学与综合研究,2008,24(4):507-510.
- [6] 张俊香,李平日,黄光庆,等. 基于信息扩散理论的中国沿海特大台风风暴潮灾害风险分析[J]. 热带地理,2007,27(1):11-14.
- [7] 田敏,聂素芬,刘菲,等. 昆明市东川区农业旱灾风险区识别研究[J]. 灾害学,2011,26(1):41-42.
- [8] 卢峰本,黄滢. 基于信息扩散理论的水产养殖灾害风险评估[J]. 广西气象,2006,27(2):22-23.
- [9] 商慧莲. 农业旱灾系统恢复及其驱动影响因素初探:以河北省邢台市为例[D]. 石家庄:河北师范大学,2010.
- [10] 商彦蕊,史培军. 自然灾害系统脆弱性研究[M]. 西安:西安地图出版社,2004:124-126.
- [11] 李玉平,张义文. 邢台市土地生态环境保护与整治[J]. 邢台学院学报,2005,20(4):98-99.

(上接第211页)

- [7] 胡建忠,郑佳丽,沈晶玉. 退耕地人工植物群落根系生态位及其分布特征[J]. 生态学报,2005,25(3):481-490.
- [8] 杨正礼. 我国西北地区退耕地植被恢复基本途径与模式探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(5):36-41.
- [9] 王俊明,张兴昌. 退耕草地演替过程中的碳储量变化[J]. 草业学报,2009,18(1):1-8.
- [10] 李世东,吴转颖. 中西部地区退耕还林还草模式探讨[J]. 林业科学,2002,38(3):154-159.
- [11] 谌红辉,方升佐,丁贵杰,等. 马尾松人工同龄纯林自然稀疏规律研究[J]. 林业科学研究,2010,23(1):13-17.
- [12] 王宁,贾燕锋,焦菊英,等. 陕北安塞退耕地持久土壤种子库与地上植被的对应关系[J]. 中国水土保持科学,2009,7(6):51-57.
- [13] 王继和,马全林,刘虎俊,等. 干旱区沙漠化土地逆转植

被的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠,2006,26(6):903-909.

- [14] 蒋德明,宗文君,李雪华. 科尔沁西部地区荒漠化土地植被恢复技术研究[J]. 生态学杂志,2006,25(3):244-248.
- [15] 玉宝,王百田,乌吉斯古楞. 干旱半干旱区人工林密度调控技术研究现状及趋势[J]. 林业科学研究,2010,23(3):472-477.
- [16] 陈刚,孙国荣,彭永臻,等. 星星草(*Puccinellia tenuiflora*)人工草地氮素积累对松嫩盐碱草地植被演替的影响[J]. 生态学报,2008,28(5):2031-2041.
- [17] 朱虹,祖元刚,王文杰,等. 盐碱地的植被恢复与盐碱地改良方法的评述[J]. 吉林林业科技,2007,36(5):14-21.
- [18] 张丽珍,牛伟,牛宇,等. 柠条对盐碱地植被组成及土壤特性的影响[J]. 生态学报,2009,29(9):4693-4699.