

干旱风沙区人工柠条林对退化沙地改良效果的关联度分析与综合评价

何全发¹, 王占军², 蒋 齐², 李生宝², 潘占兵²
(1. 宁夏自治区林业局, 银川 750002; 2. 宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 银川 750002)

摘 要: 针对宁夏干旱风沙区大量营造人工柠条灌木林恢复治理沙化土地的状况下, 作者从影响土壤质地结构、物理性质、化学性质以及地上植被生态系统等 11 个因素入手, 对退化沙地土壤与环境的影响进行灰色关联分析和综合评价, 结果表明: 无论在各评价性状权重值等同重要的情况下还是各评价性状权重值非等同的情况下排列位次是一致的, 呈现出造林密度 $1\,665\text{ 丛/hm}^2 > 2\,490\text{ 丛/hm}^2 > 3\,330\text{ 丛/hm}^2$ 自然恢复地。由此说明干旱风沙区营造人工柠条灌木林对退化沙地土壤改良及植被的恢复具有积极的作用, 而且从综合效果来讲, 人工柠条营造密度为 $1\,665\sim 2\,490\text{ 丛/hm}^2$ 较为适宜。
关键词: 干旱风沙区; 灌木林; 灰色关联
中图分类号: S725. 6; S727. 23 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)01-0234-02

Garagana Plantation of Arid Aeolian Sand Region for Degraded Sand Land Improve Comprehensive Appraisalment and Grey Correlative Analysis

HE Quan-fa¹, WANG Zhan-jun², JIANG Qi², LI Sheng-bao², PAN Zhan-bing²
(1. Forestry Department of Municipality in Ningxia, Yinchuan 750002;
2. Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: For the arid aeolian sand region of Ningxia plenty of Garagana plantation recovery administer the condition of desertification land, the author has researched the influence of Garagana plantation for degenerating sand land soil and environment by grey correlative analysis and comprehensive appraisalment from 11 factors. The factors include soil texture and structure, soil physical property, soil chemical property and vegetation ecosystem on the ground etc. Show as a result: Regardless of in each appraisalment properties weight value equate important condition the next condition that each appraisalment properties weight value not equates still put order precedence in order is consistent, afforestation density $1\,665\text{ clump/hm}^2 > 2\,490\text{ clump/hm}^2 > 3\,330\text{ clump/hm}^2$ natural recovery land. From this explanation the arid aeolian sand region planting Garagana plantation for degraded sand land the recovery of soil improvement and vegetation has positive role, and from comprehensive effect, density of Garagana plantation is $1\,665\text{ clump/hm}^2 \sim 2\,490\text{ clump/hm}^2$ suit relatively.
Key words: arid aeolian sand region; shrub forest; grey correlative analysis;

1 引言

灰色关联分析是对一个发展变化系统进行发展动态量化比较的一种分析方法^[1,2]。它是事物之间、因素之间的关联程度、数量表现。通过计算关联系数和关联度, 可以从整体上动态上定量分析事物之间关联程度和影响程度, 为确定发展变化因素提供数量依据^[3]。在这个发展变化的系统中, 某一因素对退化沙地的影响的主导地位也是变化的。目前衡量人工柠条灌木林不同营造密度对退化沙地改良效果紧紧从某一两个方面进行评价往往不够准确科学, 具有一定的片面性, 因此运用灰色关联度分析法对退化沙地改良效果进行综合评价, 旨在为人工柠条灌木林营造最佳配置密度提供科学依据。

2 研究地区与方法

2.1 研究地区的自然概况

宁夏中部干旱风沙区位于我国东部季风区、西北干旱区、

和青藏高原区三大自然区域结合部, 地质构造上属于鄂尔多斯台地, 该区属于典型的中温带大陆性气候, 年降水量在 230~ 300 mm, 年际变化较大, 干燥度 3. 1。潜在蒸发力 2 100 mm, 年均气温 7. 6℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 2 945℃, 无霜期 120 d。该地区干旱少雨, 植被稀疏, 风沙灾害频繁, 综合水资源量 1. 27 亿 m^3 。严重的水源短缺和干旱、风沙危害, 使农业生产长期徘徊不前, 生态环境极为脆弱。加上过度放牧和人为采挖, 草场退化、土地沙化严重, 水土流失面积达 88%。天然植被从东道西由典型草原逐渐过度到荒漠草原, 相应的土壤由普通灰钙土变为淡灰钙土。除此, 还有风沙土、盐碱土等隐域土类。

2.2 研究方法

根据研究内容从 2002~ 2004 年对柠条林龄为 17 年的种植密度分别为 $3\,300\text{ 丛/hm}^2$ (4 m 带间距)、 $2\,500\text{ 丛/hm}^2$ (7 m 带间距)、 $1\,660\text{ 丛/hm}^2$ (10 m 带间距) 的带间土壤结构 (细沙量的多少)、土壤团聚体 ($> 0. 25\text{ mm}$ 颗粒含量)、土壤酶活性 (尿酶)、土壤理化性质 (含水量、水分入渗、有机质含

* 收稿日期: 2006-04-26
基金项目: 宁夏自然科学基金项目 (01A1003), 宁夏自治区“十五”重点生态型示范推广建设项目 (2002-001-01) 资助
作者简介: 何全发 (1955-), 男, 高级工程师, 从事林业规划及生态治理研究; 通讯作者: 王占军 (1978-), 男, 大学本科, 从事荒漠化防治及草地生态恢复方面的研究。

量)以及对环境影响力较强的植被恢复指标(植被盖度、多样性、植物系统稳定性) 等多个方面进行测定。

2.3 综合评判的计算方法

关联度分析是根据数列的可比性、可近性分析系统内部因素之间的相关程度, 定量地刻划系统内部结构之间的联系, 对系统内部各事物之间状态进行量化比较分析^[4,9,10]。对退化沙地改良效果进行评判时, 以人工柠条不同种植密度和自然恢复地为参考列, 记为 $\{x_0(k)\}$, $k=1, 2, 3, \dots, n$; 各种样地土壤理化性质及植物生态系统功能作为评价指标为比较列, 记为 $\{x_i(k)\}$, $k=1, 2, 3, \dots, m$ 。由于 $\{x_i(k)\}$ 中的元素是根据各指标的性质和特点给出的科学的定性或定量的预测值, 而 $\{x_0(k)\}$ 中的元素是对各指标影响预测值中的最优值。因此, 分析系统内部各指标因素优劣程度用 $\{x_i(k)\}$ 与 $\{x_0(k)\}$ 的关联度来衡量^[5,11]。

关联度计算:

$$\zeta_i(k)=\frac{\min_i\min_k|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max_i\max_k|X_0(k)-X_i(k)|}{|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max_i\max_k|X_0(k)-X_i(k)|}\tag{1}$$

式中: $|x_0(k)-x_i(k)|=\Delta i(k)$ 表示 x_0 数列与 x_i 数列在第 k

表 1 人工柠条对退化沙地改良效果性能指标

样地	结构细沙粒/ %	团聚体		酶活性 土壤脲酶	含水量	土壤理化性质			盖度	植被生态恢复	
		> 0.25 mm	破坏率/ %			总孔隙度	初渗速率	有机质		多样性	稳定性
标准	73.54	32.8	54.97	0.0185	9.5	54.65	8.14	3.69	86.17	1.48	3.11
4 m	73.54	24.12	91.04	0.0075	3.26	47.46	7.74	2.67	64	1.03	1.09
7 m	73.33	32.82	54.97	0.01675	8.84	49.55	6.03	3.53	86.17	0.37	3.11
10 m	71.2	20.84	67.05	0.0185	9.5	54.65	8.14	3.69	80.33	1.48	1.42
对照	59.87	11.44	84.04	0.00575	7.49	38.98	4.22	2.57	74	0.77	0.39

3.2 计算关联系数关联度

将表 1 中数据进行无量纲初始化处理, 结果见表 2。由于柠条不同种植密度对每一个改良效果因素都有一个关联系数, 从而造成关联系数的信息过于分散, 不便进行综合比较, 因此, 将不同性状的关联系数集中, 体现为一个值, 可以反映比较的综合性, 表 3 可根据公式 $r_i=\frac{1}{n}\sum\zeta_i(k)$ 计算各指标的关联度。

表 2 主要因子初始化

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$Y_0(k)$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_1(k)$	1.000	0.126	0.604	0.405	0	0.868	0.951	0.724	0.743	0.696	0.350
$Y_2(k)$	0.997	1.000	1.000	0.905	0.93	0.907	0.741	0.957	1.000	0.250	1.000
$Y_3(k)$	0.968	0.635	0.820	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.932	1.000	0.457
$Y_4(k)$	0.814	0.349	0.654	0.311	0.788	0.713	0.518	0.696	0.859	0.520	0.125

注: 1 细沙粒, 2 > 0.25 mm, 3 破坏率(%), 4 土壤脲酶, 5 含水量(%), 6 总孔隙度(%), 7 入渗率(mm/min), 8 有机质, 9 盖度(%), 10 多样性, 11 稳定性。下同

表 3 不同密度的人工柠条林的关联系数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\zeta_1(k)$	1.000	0.334	0.525	0.424	0.3	0.768	0.899	0.613	0.630	0.590	0.402
$\zeta_2(k)$	0.993	1.000	1.000	0.822	0.862	0.825	0.628	0.911	1.000	0.368	1.000
$\zeta_3(k)$	0.932	0.545	0.709	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.865	1.000	0.446
$\zeta_4(k)$	0.702	0.402	0.558	0.388	0.604	0.604	0.476	0.590	0.756	0.477	0.333

由 $r_j=\frac{r_i}{\sum r_i}$ 计算各指标对应的权重值。结果为: $r_1=0.12$, $r_2=0.07$, $r_3=0.09$, $r_4=0.08$, $r_5=0.09$, $r_6=0.1$, $r_7=0.1$, $r_8=0.1$, $r_9=0.1$, $r_{10}=0.07$, $r_{11}=0.07$ 。

通过柠条不同种植密度对退化沙地的改良效果的土壤结构特征、土壤酶活性、土壤理化性质、地上植被生态系统恢复等 11 个指标的综合评价, 结果显示柠条不同种植密度对退化沙地改良效果的综合评价。从表 4 可知, 等权关联序、加权关联序位

点的绝对差。 $\min_k|x_0(k)-x_i(k)|$ 是一级最小差, 即在绝对差 $|x_0(k)-x_i(k)|$ 中按不同 k 值挑选其中最小者; $\min_i\min_k|x_0(k)-x_i(k)|$ 是二级最小差, 即在 $\min_k|x_0(k)-x_i(k)|$ 中按不同 i 值(比较数列值) 挑选其中最小者^[6,7]。同理 $\max_k|x_0(k)-x_i(k)|$ 是一级最大差, $\max_i\max_k|x_0(k)-x_i(k)|$ 是二级最大差, 其意义与二级最小差相似。 ρ 为分辨系数, 作用在于提高关联系数间的差异显著性, 取值在 0~ 1。通常取 $\rho=0.5$, 认为同等重要^[8]。

3 计算结果与分析

3.1 建立标准数列, 进行原始数据初始化

根据人工柠条灌木林不同营造密度对退化沙地影响程度的差异性, 以及评价影响能力指标选择的要求, 选用细沙含量、> 0.25 mm 颗粒含量、团聚体破坏率(%)、尿酶含量、土壤含水量(%)、土壤总孔隙度(%)、初入渗率、有机质含量、植被盖度、植物多样性、植物系统稳定性等 11 个指标作为综合评价指标, 并以各性状表现的最优值作为标准数列。构建原始数列矩阵如表 1。

次是一致的由等权关联度, 加权关联序可知最好为 10 m 带分别为 0.86、0.875, 对照地的关联度最小为 0.536、0.549 综合表现最差。由此说明营造适宜密度的柠条灌木林对退化沙地的改良有积极的作用, 而且从综合效果来看, 人工柠条灌木林营造种植密度为 1 665 丛/ hm² ~ 2 490 丛/ hm² > 较为适宜。

表 4 柠条各样地关联度及排序

样地	等权关联度	排序	加权关联度	排序
4 m	0.586	3	0.614	3
7 m	0.855	2	0.86	2
10 m	0.863	1	0.881	1
对照	0.542	4	0.558	4

4 讨 论

(1) 在各评价性状等同重要的情况下, 参与评价的不同密度的人工柠条林与天然草地对沙化土壤改良效果用土壤结构特征、土壤酶活性、土壤理化性质、植被生态系统恢复等指标综合评价, 结果显示 1 665 丛/ hm² > 2 490 丛/ hm² > 3 330 丛/ hm² > 自然恢复地。在评价性状非等同重要的情况(权重值不同) 下, 进行人工柠条林对退化沙地改良效果综合评价时, 1 665 丛/ hm² 的柠条林效果最优, 结论与等全情况下(权重值相同) 一致。

(2) 通过对柠条各样地的关联度的计算和排序可以看出造林密度为 1 665~ 2 490 丛/ hm² 关联度明显高于造林密度为 3 330 丛/ hm² 和自然恢复地。虽然造林密度为 3 330 丛/ hm² 关联度高于自然恢复地, 但是从测得土壤水分来看明显低于自然恢复地地土壤含水量, 从而引起土壤旱化, 说明在宁夏干旱风沙区营造人工柠条林密度为 1 665 丛/ hm² ~ 2 490 丛/ hm² 较为适宜。

(下转第 238 页)

升高。

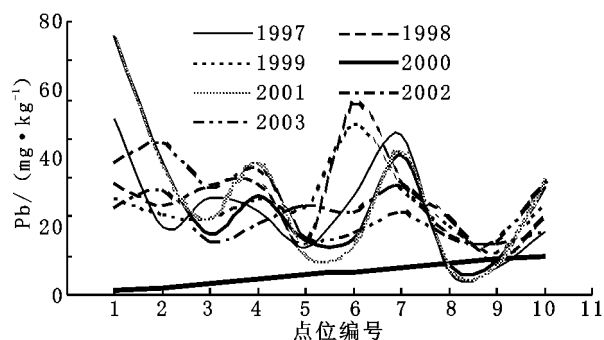


图 3 岷江成都段底泥中 Pb 含量时空变化曲线

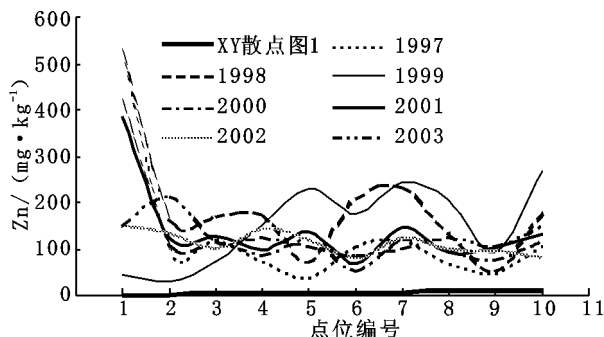


图 4 岷江成都段底泥中 Zn 含量时空变化曲线

综上所述,岷江成都段底泥金属离子含量具有以下特征:

(1) 铅、锌、镉含量最大值都出现在都江堰,与岷江上游岩石结构和丰富的矿产资源有关。

(2) 由于都江堰水利工程的作用,由岷江进入成都的金属离子污染较小。

(3) 河流段所处位置不同,底泥中的重金属含量不同,一般在弯道河岸附近以及主要支流口附近的沉积物中重金属含量较高(如两江汇合处的安顺桥),直道相对较低。

(4) 河流附近的工业废水和生活废水排入也影响底泥中的重金属含量与分布特征,市区内底泥污染主要为铜、铅和

参考文献:

- [1] 顾永祚,陈敦和.发射光谱法测定成都南河底泥中铍、铅、铬、镍、锡、钒、铜、银和锌[J].四川大学学报(自然科学版),1987,24(3):209-216.
- [2] 王水峰,等.高频电感耦合等离子体发射光谱法测定官厅水库底泥中的多种元素[J].北京师范大学学报(自然科学版),2003,6(2):365-370.
- [3] 国家环保局.水和废水监测分析方法[M].北京:中国科学出版社,1989.
- [4] 赵健,等.苏州河市郊段底泥重金属污染特征及对河道疏浚的影响[J].农业环境保护,2001,20(1):27-30.

(上接第 235 页)

参考文献:

- [1] 高素玲,王文贤,娄麦兰,等.灰色关联度分析法应用于玉米杂交种综合评判的初探[J].玉米科学,1995,3(2):21-24.
- [2] 李鲁华,陈树宾.应用灰色系统评价新疆玉米品种[J].玉米科学,2001,9(4):21-22.
- [3] 袁嘉祖.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1991.
- [4] 张延欣,吴涛.系统工程学[M].北京:气象出版社,1996.
- [5] 郭亚军.多属性综合评价[M].沈阳:东北大学出版社,1996.
- [6] 吴学忠,阮培均,潘国元,等.灰色局势决策在玉米品种综合评价中的应用[J].山地农业生物学报,2001,20(6):407-411.
- [7] 张薇,曹连甫,吕新,等.用灰色关联度分析评价大麦区试品种[J].种子,2000,107(1):21-25.
- [8] 卓德众.灰色关联度分析法在玉米育种中的应用[J].玉米科学,1996,4(3):31-34.
- [9] 郭瑞林.作物灰色育种学[M].北京:中国农业科技出版社,1995.
- [10] 吴效生,戴景瑞.灰色系统理论在玉米育种中的综合应用[J].华北农学报,1999,14:30-35.
- [11] 慕平,魏臻武,李发弟.用灰色关联系数法对苜蓿品种生产性能综合评价[J].草业科学,2004,21(3):26-29.

镍(1998~2000年较高)随着府南河治理工程和城市改造的深入,大量工厂迁出市区,市区内金属离子污染呈下降趋势。

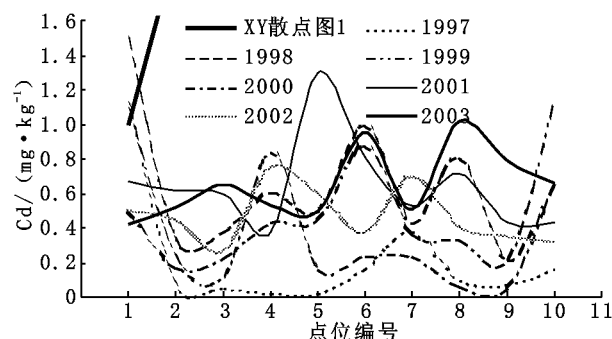


图 5 岷江成都段底泥中 Cd 含量时空变化曲线

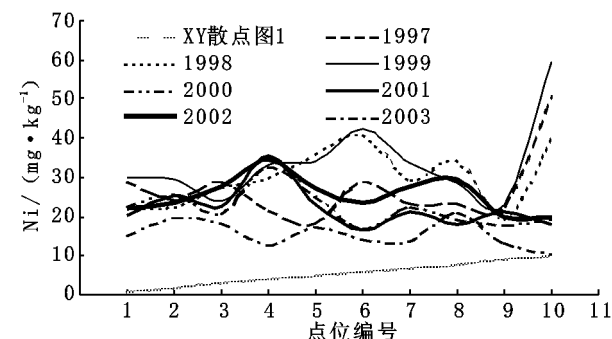


图 6 岷江成都段底泥中 Ni 含量时空变化曲线

(5) 2003 年由于沙河整治工程,水量减小,造成沙河流域及下游的铅、锌、镉含量有所升高。

3.3 结论

(1) 本文实现了底泥的原子吸收多元素同时测定,结果较准确可靠,能满足环境质量评价的要求。

(2) 弄清了成都地区水源中金属污染物含量水平及随时间的变化和空间的分布,为水环境保护的科研管理工作提供了基础资料。

(3) 随着污染源的迁离,污染的治理,通过紫坪铺水库的调节,增大径流,对岷江成都段水质将能起到很好的改善作用。