

黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植被 主要物种生态位特征

王宁¹, 贾燕锋², 李靖¹, 焦菊英^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了探究加速黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复过程的人工物种干扰措施如物种选择与搭配的科学依据, 利用 TWINSpan 分类方法对 33 个自然恢复的退耕地样方进行分类, 得出退耕地在 40 a 内主要经历了 5 个群落演替阶段, 分别为猪毛蒿群落、赖草群落、达乌里胡枝子+长芒草群落、铁杆蒿群落和白羊草群落。以各个群落的综合资源环境梯度为依据, 对各群落主要物种生态位特征进行了分析。通过物种的生态位宽度和生态位重叠特征分析, 提出了不同演替阶段的合理物种组合。

关键词: 生态位宽度; 生态位重叠; 植被恢复; 退耕地; 黄土丘陵沟壑区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)06-0034-07

中图分类号: Q948.15

Niche Characteristics of Main Species of Natural Restoration Vegetation in the Abandoned Field on the Loess Hill and Gully Area

WANG Ning¹, JIA Yan-feng², LI Jing¹, JIAO Ju-ying^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper aims to explore the way to find the species combination for the vegetation restoration on the abandoned field in the loess hill and gully area. From the classification of 33 abandoned field samples by the TWINSpan classification method, it follows that there were 5 communities in the past 40 years, including the communities of *Artemisia scoparia*, *Leymus secalinus*, *Lespedeza davurica* + *Stipa bungeana*, *Artemisia gmelinii*, and *Bothriochloa ischaemum*. The main species niche characteristics were analyzed based on the resources and environment integration of each community. Finally, some suitable species combinations were found. This result can offer people the direction to natural vegetation restoration.

Keywords: niche breadth; niche overlaps; vegetation restoration; abandoned field; loess hill and gully area

黄河流域的输沙量多年平均在 1.6×10^9 t 左右, 绝大部分来自黄土高原地区^[1]; 其中, 1/4 的泥沙淤积在下游河道使得河床不断地升高, 形成了高出临近平原 3~10 m 的“地上悬河”^[2], 从而使黄河下游存在着洪水灾害的潜在危险。为此, 退耕还林(草)正在黄土高原大规模的展开, 以遏制土壤侵蚀, 重建秀美山川。然而, 在干旱半干旱环境下的植被恢复要达到良好的生态效果是非常困难的^[3], 尤其是在土壤侵蚀非常严重的黄土高原地区。自 1949 年以来, 黄土高原的植树造林从来就没有停止过, 但不到 10% 的造林面积被认为具有较高的盖度^[4]; 20 世纪 80 年代初

期, 飞播沙打旺, 人工种植红豆草, 虽 3 a 内长势喜人, 但 5 a 后逐渐衰亡^[5]; 并且人工林草消耗更多的土壤水分而形成土壤干层^[6-7]。土壤干层的存在有着由人工草地重新变成光山秃岭的潜在危险^[8]。因此, 植被的自然恢复, 以其代价低并具有较高的生态意义^[9-10], 已越来越受到人们的重视; 但稳定植被的自然恢复是一个漫长的过程, 特别是在过度放牧和土壤侵蚀严重的地区^[11-12]。可见, 黄土高原植被恢复的问题在于: 人工植被过度消耗资源而不具可持续性; 然而自然恢复又需要漫长的时间。因此, 研究植被群落演替过程中环境、时间变化梯度上的群落物种特

收稿日期: 2007-07-17 修回日期: 2007-08-23

资助项目: 国家自然科学基金“黄土高原退耕地植被恢复对土壤侵蚀环境的响应与模拟”(40571094); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”项目“黄土高原土壤侵蚀对退耕地植被恢复的影响”(01140301); 西北农林科技大学创新团队建设计划“黄土高原土壤侵蚀及其治理环境效应评价研究”(01140202)

作者简介: 王宁(1982-), 男(汉族), 河北省保定市人, 在读硕士。主要研究方向为流域管理。E-mail: wangni012234@sohu.com.

通讯作者: 焦菊英(1965-), 女(汉族), 陕西省宝鸡县人, 研究员。主要研究方向为植被恢复与水土保持环境效应评价。E-mail: jyjiao@ms.iswc.ac.cn.

征,提出适宜物种的评估和筛选标准,加速植被演替与恢复是在植被建设管理策略方面首先应该解决的问题^[13-14]。而生态位正是表征植物和所处生境条件关系及其植物群落中种间关系的一个重要概念^[15]。物种的生态位宽度和种间生态位重叠被认为是物种多样性及群落结构的决定因素,反映着种群对资源的利用能力及其在群落或生态系统中的功能位置,及其所在群落的稳定性^[16]。其中生态位宽度是反映物种对环境资源利用状况的尺度,生态位宽度越大表明物种对环境的适应能力越强,对各种资源的利用较为充分,而且在群落中往往处于优势地位^[17]。生态位重叠反映种群之间对资源利用的相似程度和竞争关系。较高的生态位重叠意味着种群之间对环境资源具有相似的生态学要求,可能存在着激烈的竞争^[18]。物种间的竞争必然造成物种的更替,物种的更替是植被恢复过程的核心,是群落环境演变、物种的环境适应性、竞争作用等种间关系几方面共同作用的结果和集中表现,种群之间经过竞争排除作用等生态过程产生了一定程度的生态位分化,种间关系和群落结构趋于稳定^[17,19]。可见,现存退耕地的自然恢复植物群落主要物种的生态位特征,对选择适宜的措施来加速和调控植被的演替过程向理想的目标发展具有重要的指导意义和参考价值。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区设在地处陕北黄土高原丘陵沟壑区的安塞县,位于 105°51'44"—109°26'18"E, 36°22'40"—36°32'16"N。海拔 997~1 731 m,地形复杂,梁峁连绵,沟壑纵横,全县水土流失面积 2 832 km²,占总面积的 96%,是黄河中游水土流失重点县之一,也是西北典型生态环境脆弱区。安塞县属暖温带半干旱气候区,年平均降水量 500 mm 左右,且分布不均匀,降雨集中。年平均蒸发量 1 000 mm,无霜期 160~180 d 左右,年日照时数 2 352~2 573 h,大于等于 0℃积温 2 866℃,年均气温 8.9℃。在植被分区上属于暖温带森林草原过渡带,草原主要为铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芨蒿(*Artemisia giraldii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、大针茅(*Stipa grandis*)、披针苔草(*Carex lanceolata* Boot)等形成的草原和干草原^[20]。

1.2 取样方法

由于黄土高原丘陵沟壑区的植被恢复是一个缓慢的演替过程,所以对较早撂荒土地的使用历史和种

植情况信息获取非常困难,且在调查中有很大的不确定性。因此本文采用“空间代替时间”的方法选取大量样方分析退耕地恢复过程中的植被生态特征,根据不同退耕年限从中选取植被自然恢复的样地 33 个。样地分布在沟间的梁峁坡上,海拔在 1 115~1 392 m 之间,坡度 3°~37°,退耕年限变化在 1~40 a 之间,早期退耕地有放牧干扰,后期退耕地为完全自然恢复。每个样地内选择有代表性的植被样方一个,样方大小为 2 m×2 m,主要调查植被的种类、盖度、多度、高度、频度和地上生物量。

物种盖度用目测法;物种频度的测算是样方周围选择 10 个 1 m×1 m 的小样方来调查不同物种出现的数量;地上生物量的测定是沿样地对角线取 1/4 样,带回室内称重,并取一定比例的样品放入纸袋,在 80℃恒温下经 12 h 烘至恒重,以获取生物量干重^[21]。

1.3 数据分析

(1) 优势度的计算。采用频度比(F')、盖度比(C')、密度比(D')、高度比(H')和生物量比(W')计算各物种优势度(P),公式为:

$$P = (F' + C' + D' + H' + W')/5 \quad (1)$$

(2) 生态位宽度的计算。采用 Shannon—Wiener 以多样性指数为基础的生态位宽度公式,即

$$N_B = [\lg \sum P_{ij} (1/\sum P_{ij}) (\sum P_{ij} \lg P_{ij})] / \lg r \quad (2)$$

式中: N_B ——生态位宽度; P_{ij} ——种群 i 在资源 j 上的优势度; r ——资源等级数。

(3) 生态位重叠的计算。采用 Pianka (1973) 生态位重叠公式,即

$$Q_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^r (P_{ih} \cdot P_{jh})}{\sqrt{\sum_{h=1}^r P_{ih}^2 \cdot \sum_{h=1}^r P_{jh}^2}} \quad (3)$$

式中: Q_{ij} ——生态位重叠; P_{ih} ——种群 i 在 h 资源位上的优势度; P_{jh} ——种群 j 在 h 资源位上的优势度。 r ——资源等级数。

2 结果与分析

2.1 不同群落主要物种的生态位宽度

各物种在不同演替时期的生态位宽度如表 1 所示。退耕早期先锋物种猪毛蒿、赖草由于种源的不同,首先在不同的区域占据较大的生态空间,分别形成猪毛蒿群落和赖草群落。猪毛蒿群落中猪毛蒿的生态位宽度达到 0.995;同样赖草也在其以为建群物种的赖草群落中达到 0.894 的生态位宽度。猪毛蒿和赖草在这一时期的生态位宽度达到最大,说明它们

非常适应退耕初期的资源条件。随着退耕年限的增加和群落演替的进行,这两种先锋物种生态位宽度逐渐降低,在退耕后 15 a 左右衰退为伴生物种,退耕 20 a 后基本上不再出现在群落中。退耕 15 a 左右,群落演替进入以达乌里胡枝子、长芒草为优势物种的群落

阶段,这一时期这 2 个物种的生态位达到最大,分别为 0.993 和 0.948,成为这一时期的建群物种。退耕 20 年后演替进入铁杆蒿群落,铁杆蒿的生态位宽度达到 0.988。到调查时演替最高阶段到了白羊草群落,白羊草的生态位宽度为 0.979。

表 1 不同群落主要物种的生态位宽度

编号	物种	群落	1	2	3	4
A	阿尔泰狗娃花(<i>Heteropappus altaicus</i>)	0.693	0.469	0.760	0.938	0.479
B	白羊草(<i>Bothriochloa ischaemun</i>)	—	—	0.450	—	0.997
C	糙叶黄芪(<i>Astragalus scaberimus</i>)	0.545	0.625	0.609	0.513	—
D	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarrosa</i>)	0.481	0.000	0.789	0.684	0.000
E	长芒草(<i>Stipa bungeana</i>)	0.274	0.387	0.948	0.822	0.466
F	达乌里胡枝子(<i>Lespedeza davurica</i>)	0.872	0.797	0.993	0.831	0.779
G	大针茅(<i>Stipa grandis</i>)	—	—	0.000	0.000	0.472
H	二裂萎陵菜(<i>Potentilla bifurca</i>)	0.729	0.373	0.640	0.568	—
I	狗尾草(<i>Setaria viridis</i>)	0.730	0.335	—	—	—
J	芨蒿(<i>Artemisia giraldii</i>)	—	—	0.217	—	0.469
K	赖草(<i>Leymus scalinus</i>)	—	0.894	0.649	—	—
L	铁杆蒿(<i>Artemisia gmelinii</i>)	—	—	0.456	0.988	0.767
M	苦菜(<i>Ixeris denticulata</i>)	0.446	—	—	—	—
N	小薊(<i>Cirsium segetum</i> Bunge)	0.702	—	—	—	—
O	菊叶萎陵菜(<i>Potentilla chinensis</i>)	0.000	—	0.668	0.235	—
P	硬质早熟禾(<i>Poa sphondylodes</i>)	0.333	—	0.285	0.430	—
Q	猪毛菜(<i>Salsola ruthenica</i>)	0.547	0.000	0.281	—	—
R	猪毛蒿(<i>Artemisia scoparia</i>)	0.995	0.847	0.546	0.423	—

注：“—”表示群落中没有出现的物种。

2.2 不同群落主要物种的生态位重叠

在植被恢复演替系列上,每一种植物都分布在一定的时空范围内,但这些时间空间并不是间断,而是相互交错重叠的,种群间生态位重叠程度既能反映这种交错重叠又能体现种群间对共同资源的利用状况。对演替过程中各个群落物种生态位重叠情况分别描述如下。

2.2.1 猪毛蒿群落 猪毛蒿群落中主要有 13 个物种,猪毛蒿与群落中各物种的生态位重叠均较高。与主要物种达乌里胡枝子、阿尔泰狗娃花的生态位重叠分别为 0.800 和 0.635,但是与另一主要物种苦菜的生态位重叠就相对较低了,仅为 0.470,说明猪毛蒿和苦菜在资源利用方面具有较大的差异,竞争相对较小。然而,猪毛蒿与二裂萎陵菜、小薊、狗尾草的生态位重叠却较高,分别为 0.784, 0.760, 0.765,说明猪

毛蒿与小薊、狗尾草等田间杂草在资源利用方面具有较高的相似性。

在这一群落中另为两个主要物种达乌里胡枝子和阿尔泰狗娃花的生态位重叠为 0.869,同时它们与其它物种也有较高的生态位重叠:达乌里胡枝子与糙叶黄芪、长芒草和糙隐子草的生态位重叠分别为 0.866, 0.767 和 0.869;阿尔泰狗娃花与糙叶黄芪、长芒草、糙隐子草和猪毛菜的生态位重叠分别为 0.927, 0.873, 0.780 和 0.616。同时糙叶黄芪与长芒草、糙隐子草生态位重叠分别为 0.899, 0.766。这些表明在伴生物种中达乌里胡枝子、阿尔泰狗娃花、长芒草、糙叶黄芪和糙隐子草具有较高的资源利用相似性。但是也存在一些物种生态位重叠为 0.000 的物种,表明早期物种与中后期物种对资源要求的巨大差异(详见表 2)。

2.2.2 赖草群落 赖草群落主要有 10 个物种,赖草与群落中其它物种均具有较大的生态位重叠,都在 0.5 以上,其中与猪毛蒿、达乌里胡枝子、糙叶黄芪的重叠较大为 0.881,0.864 和 0.743,与阿尔泰狗娃花和狗尾草的生态位重叠处于中等水平为 0.633 和 0.610。这一时期的主要物种猪毛蒿、达乌里胡枝子、阿尔泰狗娃花之间的生态位重叠也较高分布在 0.796

~0.895 之间。在赖草群落中有 2 个特殊的组合猪毛菜与铁杆蒿和长芒草与阿尔泰狗娃花的生态位重叠分别为 0.999 和 0.985,造成如此高的值得原因是两个物种偶然同时出现在相同的样方中。此外长芒草、糙叶黄芪与达乌里胡枝子也具有较高的生态位重叠。生态位重叠为 0.000 的是长芒草与铁杆蒿、二裂萎陵菜、猪毛菜(表 3)。

表 2 猪毛蒿群落主要物种的生态位重叠

编号	R	H	F	N	C	I	Q	M	E	O	A	D	P
R	1.000												
H	0.784	1.000											
F	0.800	0.551	1.000										
N	0.760	0.629	0.471	1.000									
C	0.508	0.382	0.866	0.133	1.000								
I	0.765	0.862	0.455	0.550	0.196	1.000							
Q	0.547	0.283	0.175	0.491	0.024	0.214	1.000						
M	0.470	0.116	0.295	0.045	0.083	0.450	0.440	1.000					
E	0.376	0.147	0.767	0.211	0.899	0.000	0.277	0.000	1.000				
O	0.394	0.000	0.380	0.643	0.157	0.000	0.116	0.000	0.328	1.000			
A	0.635	0.464	0.869	0.326	0.927	0.395	0.616	0.214	0.873	0.343	1.000		
D	0.534	0.507	0.676	0.000	0.766	0.458	0.193	0.413	0.484	0.000	0.780	1.000	
P	0.491	0.405	0.288	0.408	0.000	0.498	0.268	0.628	0.000	0.000	0.094	0.176	1.000

表 3 赖草群落主要物种生态位重叠状况

编号	K	R	F	L	H	Q	I	A	C	E
K	1.000									
R	0.881	1.000								
F	0.864	0.895	1.000							
L	0.521	0.169	0.056	1.000						
H	0.584	0.539	0.231	0.536	1.000					
Q	0.521	0.169	0.056	0.999	0.536	1.000				
I	0.610	0.552	0.521	0.374	0.201	0.374	1.000			
A	0.633	0.796	0.764	0.069	0.037	0.126	0.573	1.000		
C	0.743	0.703	0.826	0.042	0.258	0.014	0.709	0.444	1.000	
E	0.609	0.788	0.770	0.000	0.000	0.000	0.660	0.985	0.532	1.000

2.2.3 达乌里胡枝子+长芒草群落 达乌里胡枝子+长芒草群落中的物种数共计 15 个。建群物种达乌里胡枝子和长芒草与群落中其余物种的生态位重叠均较大,其中与硬质早熟禾和大针茅的生态位重叠较小。这 2 个建群物种的生态位重叠为 0.852,基本上达到了最高的水平。

以上分析说明在这一阶段达乌里胡枝子和长芒草在资源利用方面具有很大的相似性。达乌里胡枝子和长芒草与主要物种铁杆蒿的生态位重叠分别为

0.287 和 0.345,而与它的主要物种的生态位重叠均在 0.5 以上。糙隐子草与二裂萎陵菜、赖草、猪毛蒿的生态位重叠分别为 0.635,0.623,0.603;猪毛蒿与铁杆蒿、赖草的生态位重叠分别为 0.561,0.510。在其它伴生物种中阿尔泰狗娃花除了与铁杆蒿没有共生,与白羊草重叠为 0.11 外,与其它的物种均具有较高的生态位重叠。芨蒿与大针茅具有最高的生态位重叠为 0.965。生态位重叠为 0.000 的同样存在于该样方之中(表 4)。

2.2.4 铁杆蒿群落 铁杆蒿群落的物种数共计 11 物种。铁杆蒿与群落中其余物种的生态位重叠普遍偏高,其中与菊叶萎陵菜和大针茅重叠较小,分别为 0.366, 0.306;与其它的物种生态位重叠都在 0.5 以上,其中与阿尔泰狗娃花、达乌里胡枝子的重叠达到 0.962 和 0.953。主要物种之间的生态位重叠不是很高,长芒草、达乌里胡枝子之间为 0.635,二裂萎陵菜与长芒草、达乌里胡枝子、菊叶萎陵菜的重叠值分别为 0.728, 0.797, 0.804。阿尔泰狗娃花虽然不是主要物种但是与各物种的生态位重叠均处于很高的水平,与铁杆蒿的重叠高达 0.962,与糙隐子草的重叠也达到 0.908。糙叶黄芪与糙隐子草、阿尔泰狗娃花

的生态位重叠分别为 0.978 和 0.835;猪毛蒿与二裂萎陵菜的重叠达到 0.936;硬质早熟禾与二裂萎陵菜、猪毛蒿的重叠达到 0.966 和 0.995;大针茅与二裂萎陵菜、菊叶萎陵菜的重叠达到 0.813 和 0.990。可以看出这一群落中伴生物种之间也具有相当大的生态位重叠,它们对特定资源的竞争非常激烈(表 5)。

2.2.5 白羊草群落 白羊草群落共计 9 个物种。白羊草与主要物种铁杆蒿、达乌里胡枝子、芡蒿、长芒草的重叠较高,分别为 0.862, 0.952, 0.670, 0.657,但是与大针茅重叠值却为 0.000。白羊草与其它伴生物种的生态位重叠也处于中等水平,但是与阿尔泰狗娃花的重叠达到 0.743。

表 4 达乌里胡枝子+长芒草群落主要物种生态位重叠状况

编号	F	E	D	O	L	H	C	K	R	A	P	B	G	J	Q
F	1.000														
E	0.852	1.000													
D	0.784	0.732	1.000												
O	0.652	0.721	0.626	1.000											
L	0.287	0.345	0.471	0.403	1.000										
H	0.684	0.537	0.635	0.668	0.360	1.000									
C	0.500	0.619	0.459	0.512	0.217	0.209	1.000								
K	0.578	0.733	0.623	0.632	0.406	0.368	0.825	1.000							
R	0.545	0.692	0.603	0.305	0.561	0.387	0.374	0.510	1.000						
A	0.724	0.746	0.634	0.760	0.000	0.520	0.504	0.590	0.344	1.000					
P	0.354	0.521	0.454	0.303	0.000	0.199	0.863	0.774	0.384	0.457	1.000				
B	0.500	0.431	0.415	0.274	0.000	0.391	0.000	0.117	0.000	0.110	0.000	1.000			
G	0.334	0.245	0.394	0.386	0.000	0.000	0.148	0.000	0.000	0.514	0.000	0.000	1.000		
J	0.411	0.334	0.466	0.482	0.000	0.089	0.142	0.084	0.050	0.664	0.000	0.000	0.965	1.000	
Q	0.486	0.302	0.181	0.232	0.000	0.506	0.000	0.178	0.106	0.528	0.000	0.000	0.000	0.147	1.000

表 5 铁杆蒿群落主要物种生态位重叠状况

	L	E	D	A	H	F	O	C	R	P	G
L	1.000										
E	0.800	1.000									
D	0.778	0.556	1.000								
A	0.962	0.722	0.908	1.000							
H	0.560	0.728	0.359	0.491	1.000						
F	0.953	0.635	0.730	0.755	0.797	1.000					
O	0.366	0.419	0.232	0.273	0.804	0.606	1.000				
C	0.686	0.414	0.978	0.835	0.177	0.521	0.139	1.000			
R	0.544	0.664	0.354	0.514	0.939	0.608	0.586	0.156	1.000		
P	0.539	0.665	0.355	0.502	0.966	0.637	0.665	0.161	0.995	1.000	
G	0.306	0.424	0.234	0.233	0.813	0.612	0.990	0.140	0.592	0.672	1.000

白羊草群落主要物种之间的生态位重叠也相对较高,铁杆蒿与达乌里胡枝子、大针茅、芨芨的重叠均在0.69左右;长芒草与达乌里胡枝子的重叠为0.668;芨芨与大针茅的重叠为0.990。物种之间没有

生态位重叠的也有几组,如长芒草与大针茅、芨芨、菊叶萎陵菜和糙隐子草,菊叶萎陵菜与狗娃花和糙隐子草,阿尔泰狗娃花与糙隐子草白羊草群落主要物种生态位重叠状况。

表6 白羊草群落主要物种生态位重叠状况

编号	B	L	F	G	J	E	A	O	D
B	1.000								
L	0.862	1.000							
F	0.952	0.687	1.000						
G	0.000	0.697	0.558	1.000					
J	0.670	0.691	0.488	0.990	1.000				
E	0.657	0.259	0.628	0.000	0.000	1.000			
A	0.743	0.668	0.410	0.453	0.456	0.402	1.000		
O	0.485	0.743	0.299	0.492	0.481	0.000	0.000	1.000	
D	0.485	0.743	0.219	0.492	0.481	0.000	0.000	0.000	1.000

3 讨论

(1) 退耕地自然恢复过程中主要经历了猪毛蒿群落、赖草群落、达乌里胡枝子群落、铁杆蒿群落和白羊草群落。各演替阶段建群物种生态位变化规律明显,生态位宽度随演替的进行呈单峰曲线,与其侵入—扩张—优势—衰退的种群动态相一致,它们的生态位宽度经历了由小变大,再由大到小的渐变过程,与张继义等研究结果相同^[19]。主要物种与伴生物种的生态位在不同的群落中有不同的波动,虽然不能成为某一演替时期的优势物种,但是它们具有一定宽度的生态位,在一定时间和空间对环境资源有较高的利用能力。糙隐子草、二裂萎陵菜、菊叶萎陵菜、糙叶黄芪、芨芨等主要物种的生长提高了资源利用率和植被覆盖度,减少土壤侵蚀,同时丰富了退耕地的物种多样性,改良了植被生存环境,在退耕地恢复演替中发挥着一定的作用。达乌里胡枝子在第三群落以外的群落中均为主要物种,生态位在各个群落中都较宽,且为旱生物种,能够适应各个时期的资源条件与干旱的气候条件,同时达乌里胡枝子具有较强的种子繁殖能力而且为多年生半灌木,能够人工的辅助播种,能较快形成一定盖度,可加快早期恢复。

(2) 演替过程中物种数量与组成都发生着变化,各群落内物种之间的生态位重叠也随之发生改变。建群物种、主要物种和伴生物种之间生态位重叠普遍较大,主要物种之间也存在相当大的生态位重叠,主要物种与伴生物种之间的生态位重叠部分较大,有些较小甚至几乎没有重叠。造成这一现象的原因是建

群物种在其自己群落中生态位最宽,在资源占有和利用方面具有很大的优势。同时各群落中的主要物种也占有较宽的生态位,所以它们之间在资源利用方面具有较大的相似性,竞争也相对剧烈。伴生物种在各时期生态位较低,说明不适当时的环境条件,资源利用能力有限而不存在剧烈的竞争或是在资源利用方面有大的差异,最终表现为生态位重叠较小^[22]。

(3) 研究区域水土流失严重。植被恢复的既要考虑生态意义又要考虑水土保持效益,根据不同时期的物种生态位特征及野外观测结果,选择出各个时期的物种组合,这些组合中各物种的生态位较宽,生态位重叠较高,对资源利用能力强,对资源需求相似性高,在资源充足时能够充分利用资源,并产生正的相互作用。在资源不足时能够通过种间的竞争优胜劣汰促进群落向高一演替^[23]。退耕初期物种组合为猪毛蒿、赖草、糙隐子草、糙叶黄芪。猪毛蒿为旱生一年生草本,具有强的种子繁殖能力,赖草为多年生中旱生草本,具有很强的根茎繁殖能力,两者能够在退耕初期土壤贫瘠,土层疏松,水土流失严重的时候迅速繁殖扩张占据空间。糙隐子草、糙叶黄芪均为旱生多年生草本植物,植株矮小贴近地面,能够较好地占据剩余空间,有效减少土壤侵蚀。随着土壤条件的改善,长芒草、二裂萎陵菜成为主要物种,与达乌里胡枝子、糙叶黄芪、糙隐子草形成组合,形成达乌里胡枝子与长芒草群落。长芒草属于旱生多年生草本,能够成丛生长,对地表有较高的覆盖度,二裂萎陵菜为中旱生多年生草本,也属于贴地植物,可有效补充占有剩余空间。下一阶段为铁杆蒿为建群物种,达乌里胡枝

子、菊叶萎陵菜、二裂萎陵菜、糙隐子草、长芒草的组合。铁杆蒿为旱生半灌木,成丛生长,能够形成大的盖度和生物量。菊叶萎陵菜为中旱生多年生草本,植株矮下,所以达乌里胡枝子、菊叶萎陵菜、二裂萎陵菜、糙隐子草、长芒草能够补充到铁杆蒿丛间的空间;最后演替到以白羊草为优势物种。达乌里胡枝子与茭蒿的组合这一时期土壤水分比较稳定。由于白羊草和茭蒿均为中旱生物种,而且均成丛生长,能够很好地覆盖地面。这些组合依据了群落演替规律,是连续进化的,物种的组合既考虑了优势物种在盖度、生物量等方面的生态学意义,同时也考虑了贴地植物对剩余空间的补充,兼顾水土保持功能和生态系统的物种多样性。

致谢:本研究野外实验承蒙中国科学院安塞水土保持生态试验站的大力支持,谨此致谢!

[参 考 文 献]

- [1] Ritsema, C J. Introduction: soil erosion and participatory land use planning on the Loess Plateau in China[J]. *Catena*, 2003, 54: 1—5.
- [2] Li S, Finlayson B. Flood management on the lower Yellow River. Hydrological and geomorphological perspectives[J]. *Sedimentary Geology*, 1993, 85: 285—296.
- [3] Le Houérou H N. Restoration and rehabilitation of arid and semiarid Mediterranean ecosystems in North Africa and West Asia; a review[J]. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2000, 14: 3—14.
- [4] Tian J L. Restoring the eco-environment in conformity natural law: Some considerations on the vegetation restoration on the Loess Plateau[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2003, 17(2): 101—106.
- [5] 秦保芳. 黄土高原生态建设未吸取“造林不见林”的教训[OL]. <http://www.cas.ac.cn/html/dir/2002/11/06/1254.htm>.
- [6] 穆兴民,徐学选,王文龙,等. 黄土高原人工林对区域深层土壤水环境的影响[J]. *土壤学报*, 2003, 40(2): 210—217.
- [7] 侯庆春,韩蕊莲,韩仕峰. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. *中国水土保持*, 1999(5): 11—14.
- [8] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J]. 2001, *自然资源学报*, 2001, 16(5): 427—432.
- [9] Prach K. Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: What information can be used in restoration practice [J] *Applied Vegetation Science*, 2003, 6: 125—129.
- [10] Carla K, Arnaud M, Jacques M. Spontaneous vegetation dynamics and restoration prospects for limestone quarries in Lebanon[J]. *Applied Vegetation Science*, 2003, 6: 199—204.
- [11] Romeraman Dutoit C T, Poschlod P, et al. Influence of former cultivation on the unique Mediterranean steppe of France and consequences for conservation management[J]. *Biological Conservation*, 2005, 121: 21—33.
- [12] Zhao W Z, Xiao H L, Liu Z M, et al. Soil degradation and restoration as affected by land and change in the semiarid Bashang area, Northern China[J]. *Catena*, 2005, 59: 173—186.
- [13] Luken Z O. *Directing Ecological Succession*[M]. London: Chapman and Hall, 1990.
- [14] Anderson, Hoffman P T, Holmes P M. The potential of *Cephalophyllum inaequale* (L. Bolus) for the restoration of degraded arid landscapes in Namaqualand, South Africa[J]. *Restoration Ecology*, 2004, 12: 343—351.
- [15] 王刚,赵松岭,张鹏云,等. 关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究[J]. *生态学报*, 1984, 4(2): 119—127.
- [16] 李军玲,张金屯. 太行山中段植物群落优势种生态位研究[J]. *植物学研究*, 2006, 26(2): 156—162.
- [17] 李瑞,张克斌,张生英,等. 宁夏盐池人工封育草原植物生态位研究[J]. *干旱区资源研究*, 2006, 4(1): 49—54.
- [18] Silvertown J W. Plants in limestone pavements: test of species interaction and niche separation [J]. *J Ecol*, 1983, 71: 819—828.
- [19] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征[J]. *生态学报*, 2003, 23(12): 2741—2746.
- [20] 王国梁. 纸坊沟流域植物群落群落特征及其土壤水分养分效应[D]. 杨陵: 中国科学院水利部水土保持研究所, 2002.
- [21] 焦菊英,马祥华,白文娟,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落与土壤环境因子的对应分析[J]. *土壤学报*, 2005, 42(5): 744—752.
- [22] 白文娟,焦菊英,马祥华,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植物群落的分类与排序[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(7): 1317—1322.
- [23] 林思祖,黄世国,洪伟,等. 杉阔混交林主要种群多维生态位特征[J]. *生态学报*, 2002, 22(6): 962—968.