

# 陕北黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落演替规律 及物种多样性动态研究

杨 涛<sup>1,2</sup>, 王得祥<sup>3\*</sup>, 周金星<sup>4</sup>, 王 强<sup>1</sup>, 蔺雨阳<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省治沙研究所, 陕西 榆林 719000;  
3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 4. 中国林业科学研究院 林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

**摘 要:**采用空间序列代替时间序列的方法进行植被调查基础上, 对不同恢复年限退耕地的植被演替规律和物种多样性动态进行分析。结果表明: (1) 退耕后 50 a 的植物群落演替过程中, 调查样方内共出现草本植物 58 种, 分属于 20 科 45 属。其中, 菊科、豆科、禾本科共计 23 属 35 种, 占属、种总数的 51.1% 和 60.3%, 说明这 3 种植物在陕北黄土丘陵沟壑区植被演替过程中占据主要地位。(2) 物种构成表现为多数种属于少数科, 且少数种属于多数科的特征。且群落演替由藜科杂草开始, 依次为 1 年生草本群落→多年生根茎草本群落→多年生丛生草本群落, 呈现向地带性物种和灌丛群落演替的趋势。(3) 退耕 36 a 后, 植被演替由多年生地带性丛生草本群落逐渐向耐旱耐瘠薄的灌丛群落演变, 在无人破坏的情况下, 植被将朝着适宜当地气候、环境条件的方向演替, 最终形成与当地气候相协调的稳定阶段。

**关键词:**黄土丘陵沟壑区; 退耕地; 植被演替; 物种多样性

**中图分类号:** S718.541 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2009)05-0010-06

## Vegetation Succession and Species Diversity Dynamics of the Plant Communities in the Loess Hilly and Gully Region

YANG Tao<sup>1,2</sup>, WANG De-xiang<sup>3\*</sup>, ZHOU Jin-xing<sup>4</sup>, WANG Qiang<sup>1</sup>, LIN Yu-yang<sup>1</sup>

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute for Control Sand of Shaanxi Province, Yulin, Shaanxi 719000, China; 3. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** A two year experiment was carried out in Yulin to better understand dynamics of species diversity and vegetation succession of abandoned land in loess hilly region. Based on spatial sequence instead of temporal sequence method, analysis of vegetation succession law and species diversity dynamics with different restoration time and the research of 44 sample plots, the result showed that: (1) Plant community succession after 50 years of farming, a total of 58 kinds of herbs appeared in the survey sample plots, belonging to 20 families and 45 genera. Compositae, Leguminosae, Gramineae accounted for 51.1 percent and 60.3 percent of the total, which showed that these three families occupied a major position in the process of vegetation succession in the loess hills and gully region. (2) Species constitute presented as most species belonging to a small number of families, and a small number of species belonging to most families. the succession started with the dominant species, weeds of Chenopodiaceae, followed by annual herbaceous community, perennial rhizome herb community, herbaceous perennial community, till perennial rosette herb

收稿日期: 2008-12-11 修回日期: 2009-03-23

基金项目: 国家自然科学基金“黄土丘陵沟壑区植被演替与水土流失相互作用机理”(30671721); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”。

作者简介: 杨涛, 男, 助理研究员, 在读硕士, 研究方向: 林业生态。E-mail: yytao139@163.com

\* 通讯作者: 王得祥, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事森林生态和森林可持续经营教学与研究。E-mail: wangdx66@126.com

community, in which the succession had a trend of zonal vegetation and shrub stages. (3) In the later period of returning farmland to forests, vegetation succession gradually changed from perennial herb community to barren drought-resistant shrub. In the absence of human destruction, the succession would be moving to the direction that the climate and environment is very suitable for vegetation growth, eventually vegetation adapt to the local climate and get to the stable stage.

**Key words:** the loess hilly and gully region; abandoned land; vegetation succession; species diversity

黄土丘陵沟壑区位于黄土高原北部,受地理位置的过渡性、气候变化的剧烈性、地形和地貌的复杂性、土壤的易蚀性以及人类活动对植被的破坏等多种因素影响,该区植被脆弱,已成为黄土高原水土流失最严重的地区,同时也是我国生态环境最为脆弱的地区之一。20世纪50年代,为治理水土流失,改善生存环境,榆林米脂高西沟村在全国率先自发实施了退耕还林等一系列林业生态恢复工程,经过50多年艰苦奋斗,荒坡治理取得了明显效果,山坡、陡洼、崩崖畔,片片有林草,处处见绿地,治理程度达78%,林草覆盖率64%。由“山上光秃秃,沟里乱石头,年年遭灾害,十年九不收”的流域,现已变成了“山青、水秀、村美、人富”的生态家园,实现了人与自然的和谐共存。事实证明,植被恢复是遏制黄土高原土地退化,促进退化生态系统恢复的关键因素和有效途径<sup>[1-3]</sup>。因而众多学者分别就黄土丘陵区植被恢复过程中群落的不同特征进行了研究,焦菊英、杜锋、景福军等对陕北丘陵沟壑区撂荒地自然恢复植被群落组成结构、数量分类和演替序列进行了研究<sup>[4-10]</sup>;李裕元、张金屯、马红彬等对黄土丘陵区撂荒地植物群落演替中的物种多样性进行了研究<sup>[11-13]</sup>;王国宏、何小琴、温仲明等对植被恢复过程中植被特征与环境的关系进行了研究<sup>[14-16]</sup>。上述研究在物种多样性、植被群落结构等方面做了很多工作,但研究区多集中延安地区,对陕北榆林黄土崩状丘陵沟壑区植物群落的研究较少,针对以上研究区域的不足,本文以榆林黄土崩状丘陵区米脂县高西沟流域为研究区,运用空间序列代替时间序列的方法,探讨了退耕地自然植被恢复过程及其物种多样性动态变化规律,为深入研究该区植物群落特征、植被恢复,乃至陕北黄土丘陵区退耕还林还草提供理论参考。

## 1 研究区概况

研究区位于陕北黄土高原丘陵沟壑区一高西沟,米脂境内无定河以东,县城北20 km处,地理位置107°38'57"~108°32'49"E、36°33'33"~37°24'27"N,海拔843~1 252 m,总土地面积4 km<sup>2</sup>。气候干燥,日照充沛,春季多风。年平均气温8.5℃,极端

最高气温38.2℃,极端最低气温-25.5℃,无霜期162 d。全年雨量不足,年际变化大、季节分配不均,主要集中在7~9月。年平均降雨量451.6 mm,最大年降雨量704.8 mm,最小年降雨量186.1 mm。多年平均陆地蒸发量400~450 mm,属中温带半干旱性气候区。人工林以油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus simonii*)、柠条(*Caragana intermedia*)为主;人工牧草以紫花苜蓿(*Medicago sativa*)为主。退耕地植物群落主要有猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)等,荒坡主要为铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芡蒿(*Artemisia giraldii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)等组成的处于不同演替阶段的草本植物群落,部分荒坡植被因自然降水少、土壤干燥已出现退化趋势。土壤类型为黄绵土,其中粉粒占64%~73%,黏粒占17%~20%,土质疏松,抗蚀抗冲性差,水土流失严重<sup>[17-18]</sup>。

## 2 研究方法

在野外全面踏查的基础上,选取不同恢复年限的退耕地布设样地,运用空间序列代替时间序列调查的方法进行植被调查,采用物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数等指标进行植被自然演替规律性分析,以研究不同演替时期群落内的物种多样性动态变化。

### 2.1 样地布设与调查

选取不同恢复年限的退耕地,设置3个5 m×5 m的样地,样地内任意一条对角线上均匀布设3个1 m×1 m小样方。调查植物的种类、数量、盖度、高度和频度等。调查工作于2008年7~8月完成,调查范围在米脂县高西沟流域,坡度在3°~47°之间,退耕年限变化范围在1~50 a之间。通过调查获得退耕年限分别为1~50 a(1、5、8、9、14、20、36、44、50 a)的48块样地,共计144个样方。

### 2.2 物种多样性测度

采用重要值(IV)测度群落种群组成,选取Margalef丰富度指数( $D_m$ )、Simpson指数( $D$ )、

Shannon-Wiener 指数 ( $H$ ) 衡量植物群落物种多样性特征, Pielou 均匀度指数 ( $J_{sw}$ ) 衡量植物群落物种的分布均匀程度。其计算公式如下<sup>[19-21]</sup>:

$$\text{Margalef 丰富度指数: } D_{ma} = (S-1) / \ln N \quad (1)$$

$$\text{Simpson 均匀度指数: } D = 1 - \sum_i p_i^2 \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J_{sw} = (- \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i) / \ln S \quad (4)$$

$$P_i = N_i / N \quad (5)$$

式中,  $S$  为每一样方中的物种总数,  $N$  表示样方内所有物种的个体数,  $N_i$  表示样方中第  $i$  个物种的个体数,  $P_i$  即表示第二个物种的比率。

### 2.3 种盖度、频度测定

种盖度采用估测法; 物种频度是通过不同物种在调查样方中出现的频率计算所得。

## 3 结果与分析

### 3.1 物种组成特征

退耕后 50 a 的植被演替过程中, 在调查的 144 个样方内共出现草本植物 58 种, 分属于 20 科 45 属。其中禾本科、豆科、菊科共计 23 属 35 种, 分别占属种总数的 51.1% 和 60.3% (表 1)。说明陕北黄土崩状丘陵沟壑区, 菊科、豆科和禾本科 3 种植物在退耕地植物群落自然演替过程中占据相当重要地位, 其余物种包括藜科 4 属 4 种, 大戟科 (Euphorbiaceae)、蔷薇科 (Rosaceae)、萝藦科 (Asclepiadaceae) 2 属 2 种, 莎草

科 (Cyperaceae)、旋花科 (Convolvulaceae)、蓝雪科 (Plumbaginaceae)、毛茛科 (Ranunculaceae)、远志科 (Polygalaceae)、木通科 (Lardizabalaceae)、牻牛儿苗科 (Geraniaceae)、玄参科 (Scrophulariaceae)、紫葳科 (Bignoniaceae)、蓼科 (Polygonaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、虎耳草科 (Saxifragaceae)、十字花科 (Cruciferae) 和列当科 (Orobanchaceae) 均为单属单种。从出现的物种所属类型分析, 60.3% 的物种属于菊科、豆科和禾本科, 其余 39.7% 的物种则分属于 17 个科。研究区物种构成表现出多数种属于少数科, 少数种属于多数科, 且很多物种均为单属种植物, 符合西北荒漠区的植物区系特征<sup>[22]</sup>。出现这种现象的原因主要在于菊科、豆科和禾本科 3 大科植物适应范围极广, 植物的生活习性多样, 可以生长在各种不同的环境中, 半干旱地区最丰富, 这与长期适应于一定的自然地理条件密切相关, 并随着气候环境不断旱化和寒冷而演化形成。

表 1 植物种类统计

Table 1 Statistics of plant species

科	属		物种	
	属数	占总属数/%	物种数	占总物种数/%
禾本科 (Gramineae)	10	22.2	11	19.0
豆科 (Leguminosae)	8	17.8	11	19.0
菊科 (Compositae)	5	11.1	13	22.4
藜科 (Chenopodiaceae)	4	8.9	4	6.9
大戟科 (Euphorbiaceae)	2	4.4	2	3.4
蔷薇科 (Rosaceae)	2	4.4	2	3.4
萝藦科 (Asclepiadaceae)	2	4.4	2	3.4

表 2 不同退耕年限群落的主要物种种类

Table 2 Main species of the plant communities regenerated for different years

恢复年限	主要植物种类
1	猪毛蒿 ( <i>Artemisia scoparia</i> ); 苦苣菜 ( <i>Sonchus oleraceus</i> ); 狗尾草 ( <i>Setaria viridis</i> ); 苣荬菜 ( <i>Sonchus arvensis</i> ); 刺儿菜 ( <i>Cephalanoplos segetum</i> ); 狭叶米口袋 ( <i>Gueldenstaedtia stenophylla</i> ); 田旋花 ( <i>Calystegia hederacea</i> ); 茵陈蒿 ( <i>Artemisia capillaris</i> )
5	猪毛蒿 ( <i>A. scoparia</i> ); 苣荬菜 ( <i>S. arvensis</i> ); 野菊 ( <i>Dendranthema indicum</i> ); 赖草 ( <i>Leymus secalinus</i> ); 二色补血草 ( <i>Limonium bicolor</i> ); 刺儿菜 ( <i>C. segetum</i> ); 铁杆蒿 ( <i>Artemisia gmelinii</i> ); 艾蒿 ( <i>Artemisia argyi</i> )
8	达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 猪毛蒿 ( <i>A. scoparia</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> ); 披针叶苔草 ( <i>Carex lancifolia</i> ); 硬质早熟禾 ( <i>Poa sphondylodes</i> ); 狗尾草 ( <i>S. viridis</i> ); 珠芽蓼 ( <i>Polygonum viviparum</i> ); 狭叶米口袋 ( <i>Gueldenstaedtia stenophylla</i> )
9	达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 披针叶苔草 ( <i>C. lancifolia</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> ); 铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 画眉草 ( <i>Eragrostis pilosa</i> ); 猪毛蒿 ( <i>A. scoparia</i> ); 狭叶米口袋 ( <i>G. stenophylla</i> ); 芦草 ( <i>Agropyron mongolicum</i> )
14	达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> ); 披针叶苔草 ( <i>C. lancifolia</i> ); 艾蒿 ( <i>A. argyi</i> ); 针茅草 ( <i>Stipa capillata</i> ); 画眉草 ( <i>E. pilosa</i> ); 铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 珠芽蓼 ( <i>P. viviparum</i> )
20	铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 披针叶苔草 ( <i>C. lanceolata</i> ); 远志 ( <i>Polygala tenuifolia</i> ); 鸡矢藤 ( <i>Paederia scandens</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> ); 画眉草 ( <i>E. pilosa</i> ); 毛颖荻草 ( <i>Achnatherum splendens</i> )
36	铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 画眉草 ( <i>E. pilosa</i> ); 白羊草 ( <i>B. ischaemum</i> ); 赖草 ( <i>L. secalinus</i> ); 河朔莠花 ( <i>Agropyron cristatum</i> ); 披针叶苔草 ( <i>C. lancifolia</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> )
44	披针叶苔草 ( <i>C. lanceolata</i> ); 铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 画眉草 ( <i>E. pilosa</i> ); 茭蒿 ( <i>A. giraldii</i> ); 白羊草 ( <i>B. ischaemum</i> ); 达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 野菊 ( <i>D. indicum</i> ); 河朔莠花 ( <i>A. cristatum</i> )
50	披针叶苔草 ( <i>C. lanceolata</i> ); 画眉草 ( <i>E. pilosa</i> ); 茭蒿 ( <i>A. giraldii</i> ); 白羊草 ( <i>B. ischaemum</i> ); 铁杆蒿 ( <i>A. gmelinii</i> ); 达乌里胡枝子 ( <i>L. davurica</i> ); 河朔莠花 ( <i>A. cristatum</i> ); 珠芽蓼 ( <i>P. viviparum</i> )

注: 该表列出了不同退耕年限重要值排序前 8 位的物种。

从表 2 看出,退耕当年,传播能力强的杂草植物作为先锋物种占据主要地位,此外狗尾草、苦苣菜、狭叶米口袋等 1 a 生草本陆续侵入,逐渐替代杂草;退耕 5 a 内,先锋种逐渐退出,猪毛蒿、狗尾草等成为优势物种,形成猪毛蒿群落,多年生草本植物逐渐增多,物种种类也逐渐增加。并开始向多年生草本群落阶段演替,逐步形成以野菊等为主要伴生种的多年生草本群落类型;8 a 后,披针叶苔草、铁杆蒿等地带性多年生草本物种也开始在群落中占据重要地位,并形成以披针叶苔草为建群种,铁杆蒿、野菊等为主要伴生种的多年生草本植物群落;在 20~36 a 期间,群落则主要由铁杆蒿、达乌里胡枝子等多年生草本植物占据一定的地位,形成了铁杆蒿为建群种,画眉草、赖草为伴生种的植物群落。在 37~50 a 期间,逐渐形成以铁杆蒿、达乌里胡枝子、披针叶苔草为优势种的植物群落,并逐步向小灌木阶段演替。

总之,研究区退耕地植被自然恢复经历了 1 a 生草本群落、多年生根茎草本群落、多年生丛生草本

群落和灌草群落 4 个不同阶段,这与文献[6,15]的研究结果基本保持一致。在植被恢复过程中,群落内的主要物种由定居能力强的杂草开始,依次向 1 a 生草本植物、多年生草本植物、地带性多年生草本植物群落,并逐步形成地带性次生草原植物群落。不同恢复年限植物群落内的主要物种多有重复,并表现出较强的连续性和递进性<sup>[6]</sup>,同时也出现偶见种和物种的交叉性,说明群落演替是一个十分缓慢的过程。

3.2 物种频度分析

物种出现频率分析表明,频度大于 50% 的物种有 14 种,占物种总数的 25%;而大于 70% 有猪毛蒿、达乌里胡枝子、野菊花、铁杆蒿、珠芽蓼、白羊草和披针叶苔草 7 种,占物种总数的 12.5%;这些物种在研究区内广泛分布,属于不同植物群落的优势种和主要伴生种。

由表 3 看出,在陕北黄土丘陵沟壑区自然植被恢复过程中,高频度出现的物种不是太多,只有猪毛

表 3 不同退耕年限物种频度统计  
Table 3 Frequency statistics of species for different years

物种名称	植被恢复年限									
	2007	2003	2000	1999	1994	1990	1988	1972	1964	1958
猪毛菜 ( <i>Salsola collina</i> )	+	+		+						
猪毛蒿 ( <i>Artemisia scoparia</i> )	+	+	+	+	+	+	+			
狗尾草 ( <i>Salsola viridis</i> )	+	+	+							
赖草 ( <i>Lespedeza secalinus</i> )	+	+	+			+	+	+		
抱茎苦苣菜 ( <i>Sonchus xeris sonchi folia</i> )	+	+	+			+				
苦苣菜 ( <i>Lespedeza denticulate</i> )	+	+								
狭叶米口袋 ( <i>Gueldenstaedtia stenophylla</i> )	+	+	+	+						
刺儿菜 ( <i>Cephalanoplos segetum</i> )	+	+	+		+					
蒲公英 ( <i>Taraxacum mongolicum</i> )	+	+				+				
苣荬菜 ( <i>S. arvensis</i> )	+	+	+		+					
野菊 ( <i>Dendranthema indicum</i> )		+	+	+	+	+	+	+	+	
达乌里胡枝子 ( <i>Lespedeza davurica</i> )		+	+	+	+	+	+	+	+	+
铁杆蒿 ( <i>Artemisia gmelinii</i> )		+	+	+	+	+	+	+		+
珠芽蓼 ( <i>Polygonum viviparum</i> )		+	+		+	+	+	+	+	+
画眉草 ( <i>Eragrostis pilosa</i> )			+	+	+	+	+	+	+	+
甘草 ( <i>Glycyrrhiza Uralensis</i> )			+	+	+	+	+	+	+	+
多花胡枝子 ( <i>Lespedeza floribunda</i> )			+	+		+	+			
芦草 ( <i>Agropyron mongolicum</i> )			+	+		+				
草木樨状黄芩 ( <i>Astragalus melilotoides</i> )			+					+		
披针叶苔草 ( <i>Carex lanci folia</i> )				+	+	+	+	+	+	+
二色补血草 ( <i>Limonium bicolor</i> )				+			+	+		
铁线莲 ( <i>Spiraea salicifolia</i> )				+				+		
白羊草 ( <i>Bothriochloa ischaemum</i> )					+	+	+	+	+	+
硬质早熟禾 ( <i>Poa sphondylodes</i> )					+	+				+
疏花针茅 ( <i>Stipa eaziflora</i> )					+	+			+	
艾蒿 ( <i>Artemisia argyi</i> )					+	+	+		+	
绵蓬 ( <i>Corispermum hyssopi folium</i> )					+		+	+	+	+
芨蒿 ( <i>Artemisia giraldii</i> )					+		+	+	+	+
远志 ( <i>Polygala tenuifolia</i> )					+		+		+	
鸡矢藤 ( <i>Paederia scandens</i> )						+	+			
毛颖芨芨草 ( <i>Achnatheryn pubicalyx</i> )						+	+			
铃铛刺 ( <i>Halimodendron halodendron</i> )						+	+	+		
白草 ( <i>Pennisetum flaccidum</i> )								+		
河朔芨芨草 ( <i>Agropyron cristatum</i> )								+	+	+
地梢瓜 ( <i>Cynanchum thesioides</i> )								+	+	+

注:“+”表示不同恢复年限出现的物种。

蒿、达乌里胡枝子、野菊、铁杆蒿、珠芽蓼、白羊草、披针叶苔草具有较高的频度,为该区不同群落的优势种和主要伴生种,构成了不同恢复阶段的植物群落。演替初期出现的植被,随退耕年限延长逐渐被竞争能力、适应性强的多年生植被所取代,演替后期的物种如茭蒿、硬质早熟禾、达乌里胡枝子、铁杆蒿等在调查样方中出现的频率较高,但铃铛刺、远志、针茅等在所调查的个别样方出现,同时出现了河朔莠花、地梢瓜等小灌木。说明随退耕年限的延长,物种结构组成和多样性指数逐步趋于稳定,优势种更趋向少数而集中的相对稳定状态,植被由多年生草本向多年生草本+小灌木群落演替。

### 3.3 演替阶段划分

对于黄土丘陵沟壑区退耕地不同阶段植被自然恢复过程,不同学者因其研究的区域和退耕年限不同而划分成了不同的演替阶段<sup>[8-9]</sup>,参阅相关文献<sup>[23-26]</sup>并结合调查资料,根据物种多样性指数(图1)变化规律和不同恢复年限群落物种种类(表2)的演替特征,可将研究区植被自然恢复过程划分为4个阶段。

第一阶段:退耕至植被恢复5 a左右,以杂草为先锋种首先占据退耕地,1 a生草本植物逐渐地代替杂草,Margalef指数、Simpson指数随之增大,Pielou指数基本呈现递减的变化趋势(图1)。这一阶段主要表现为种为杂草和1 a生草本植物,与文献<sup>[4-5,8-9]</sup>的研究结果基本相似。

第二阶段:退耕后植被恢复6~20 a期间,铁杆蒿、达乌里胡枝子等菊科、豆科多年生草本植物大量出现,并伴随多年生草本逐渐出现,Margalef指数呈现增加的趋势,而Shannon-Wiener指数则呈现增大—减小—增大的波动式变化规律,Pielou指数呈现先减小后增大再减小的波动式变化趋势,最终形成铁杆蒿、达乌里胡枝子等为优势种的多年生草本群落(图1)。这一阶段主要表现为多年生根茎草本群落向多年生丛生草本群落的演替。

第三阶段:退耕后植被恢复21~36 a期间,伴随多年生草本植物数量不断的增加,Shannon-Wiener指数和Simpson指数呈现出先增后减的变化规律,Margalef指数呈现出稳中递减的变化趋势,说明物种结构组成逐步趋于稳定,优势种更趋向少数而集中的相对稳定状态。Pielou指数同样表现出先缓慢增加有逐步递减的趋势,表明退耕地植被在一定的恢复年限内物种分布处于均有状态。退耕植被演替后期,Shannon-Wiener指数和Simpson指数再次呈现增大—减小—增大的波动式变化规律,而Margalef指数呈现稳步递减的趋势,Pielou指数呈

现先减小后增大的变化趋势(图1)。说明这一阶段主要表现为多年生丛生草本群落向灌丛群落缓慢演变的过程。

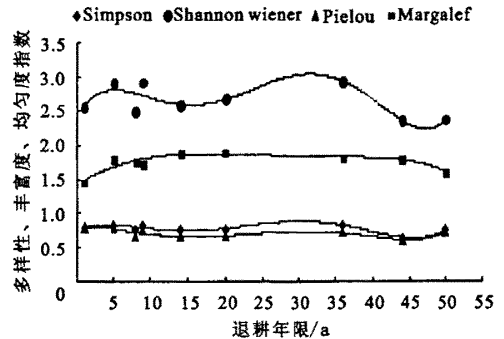


图1 物种多样性、均匀度、丰富度指数变化趋势

Fig. 1 The change of species diversity, evenness and species richness indices

第四阶段:根据调查50 a退耕植被变化趋势预测,退耕50 a以后,植被的演替由多年生地带性丛生草本逐渐向耐旱耐瘠薄的灌丛群落演变,并持续相当长的一段时间,逐渐向乔木阶段演变。在不被人为破坏的情况下,植被将朝着适宜当地气候条件、环境条件方向演替,最终形成稳定的顶级植物群落,这一阶段植被演替过程极其缓慢。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

(1)在调查的144个样方内,共出现草本植物58种,分属于20科45属。其中,禾本科、豆科、菊科属种数较多,共计23属35种,分别占属种总数的51.1%和60.3%,表明陕北丘陵沟壑区退耕地植物物种主要由禾本科、豆科、菊科3科组成。

(2)在陕北丘陵沟壑区自然植被的恢复演替过程中,从1 a生草本群落到多年生蒿类、禾本科类草本阶段的主要优势物种有猪毛蒿、赖草、野菊花、达乌里胡枝子、铁杆蒿、披针叶苔草、白羊草等,这些物种出现频度相对较高,为该区的主要优势种,并构成了不同组合的植物群落类型。

(3)物种的构成表现为多数种属于少数科,且少数种属于多数科的特征。说明陕北丘陵沟壑区退耕植被主要由少数科的植物种构成。且群落优势种由杂草开始,演替依次为1 a生草本群落→多年生根茎草本群落→多年生丛生草本群落,呈现向地带性物种和灌丛群落演替的趋势。

(4)根据研究资料和野外实地调查的结果,退耕植被演替后期,植被由多年生地带性丛生草本群落逐渐向耐旱耐瘠薄的灌丛群落演变,并持续相当长

的一段时间。在无人破坏的情况下,植被将朝着适宜当地气候条件、环境条件的方向演替,最终形成与当地气候相协调的稳定阶段。

## 4.2 讨论

物种多样性指数的变化是植被恢复过程中最重要的特征之一<sup>[27]</sup>,随着演替的进行,植物种类数量逐渐增加,群落结构也趋于复杂化,Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数总体上呈波动式变化趋势。在演替前期,物种丰富度增大主要是物种种类和数量逐渐增多,演替后期,物种丰富度减小主要原因在于群落演替处于相对稳定的阶段,这与其他学者研究结果基本相近<sup>[6,8,10]</sup>。群落演替过程中,Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数呈现出先增大后减小再增大的变化趋势,在一定程度上反映了植物群落在恢复过程中种间竞争所产生的种群结构变化。在退耕地植被自然恢复后期,多样性指数逐步趋于稳定,草本群落自然恢复可达到相对稳定的水平。大量报道<sup>[28-29]</sup>证实,黄土丘陵区退耕地植被自然恢复的过程十分漫长,在短期内要形成乔灌群落结构,只有通过人工种植乔灌树种,才能促进黄土丘陵沟壑区植被恢复进程。由于植被演替是一个漫长的过程,仅 50 a 的退耕植被变化趋势很难确定植物群落的演替方向,只有长期进行植物群落演替的研究,才能为榆林乃至陕北黄土丘陵沟壑区植被恢复和重建提供更加科学的依据。

## 参考文献:

- [1] 彭少麟. 恢复生态学与退化生态系统的恢复[J]. 中国科学院院刊, 2000, 20(3): 188-192.
- [2] 郑粉莉. 子午岭林区植被破坏与恢复对土壤演变的影响[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 41-44.
- [3] 朱显谟. 迅速全面恢复植被是根除河害之本[J]. 中国水土保持, 1999(10): 29-31.
- [4] 焦菊英, 张振国, 贾燕, 等. 陕北丘陵沟壑区撂荒地自然恢复植被的组成结构与数量分类[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 2981-2997.
- [5] 杜峰, 山仑, 梁宗锁. 陕北黄土丘陵区撂荒演替研究—群落组成与结构分析[J]. 草地学报, 2005, 13(2): 140-143, 158.
- [6] 景福军, 张德望, 尚占环, 等. 黄土高原弃耕地不同地形下植物群落演替初期的群落结构及多样性研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(2): 233-238.
- [7] 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.
- [8] 唐龙, 梁宗锁, 杜峰, 等. 陕北黄土高原丘陵区撂荒演替及其过程中主要乡土牧草的确定与评价[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1165-1175.
- [9] 秦伟, 朱清科, 刘中奇, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被自然演替系列及其植物物种多样性特征[J]. 干旱区研究, 2008, 25(4): 507-513.
- [10] 李裕元, 邵明安. 子午岭植被自然恢复过程中植物多样性的变化[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 252-260.
- [11] 张金屯, 柴宝峰, 邱扬, 等. 晋西吕梁山严村流域撂荒地植物群落演替中的物种多样性变化[J]. 生物多样性, 2000, 8(4): 378-384.
- [12] 马红彬, 谢应忠, 魏巧花. 宁夏南部黄土丘陵区不同整地方式对草地植物群落物种多样性的影响[J]. 农业科学研究, 2006, 27(4): 1-4.
- [13] 李师翁, 薛林贵, 冯虎元, 等. 陇东黄土高原丘陵沟壑区天然草地植物多样性研究[J]. 植物研究, 2007, 27(2): 139-243.
- [14] 王国宏. 黄土高原自然植被演替过程中的植物特征与土壤元素动态[J]. 植物学报, 2002, 44(8): 990-998.
- [15] 何小琴, 蒋志荣, 王刚, 等. 子午岭地区植被恢复演替过程与环境因子的分类与排序[J]. 西北植物学报, 2007, 27(3): 601-606.
- [16] 温仲明, 焦峰, 刘宝元, 等. 黄土高原森林草原区退耕地植被自然恢复与土壤养分变化[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2025-2029.
- [17] 李代琼, 姜峻, 梁一民, 等. 安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 66-74.
- [18] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 等. 黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1173-1178.
- [19] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理和方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.
- [20] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度、和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [21] 柴勇, 孟广涛, 方向京, 等. 云南金沙江流域退化林地群落特征研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 146-151.
- [22] 党荣理, 潘晓玲. 西北干旱荒漠区种子植物科的区系分析[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 24-32.
- [23] 薛智得, 朱清科, 梁宗锁, 等. 延安地区退耕地植物群落动态变化特征[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 16-20.
- [24] 文祯中, 陆健健. 应用生态学[M]. 2 版. 上海: 上海教育出版社, 2004.
- [25] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [26] 康永祥, 岳军伟, 张巧明. 黄龙山林区辽东栎群落类型划分及其生物多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 7-10.
- [27] 温远光, 元昌安, 李信贤, 等. 大明山中山植被恢复过程植物物种多样性的变化[J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 33-40.
- [28] 邹厚远, 程积民, 周麟. 黄土高原草原植被的自然恢复演替及调节[J]. 水土保持研究, 1998, 5(1): 126-138.
- [29] 白文娟, 焦菊英. 黄土丘陵沟壑区退耕地主要自然恢复植物群落的多样性分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 140-142, 145.