

草地资源
与利用

黄土丘陵区弃耕地群落演替过程中的物种多样性研究

郝文芳¹, 梁宗锁^{1,2}, 陈存根¹, 唐龙¹

(1 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要:选择9个弃耕地,对群落内植物种类、盖度、密度和生物量进行调查,分析了黄土丘陵沟壑区弃耕地植被恢复演替与物种多样性变化过程,结果表明:1)在弃耕时间为2,6,9,13,16,19,25,30和40年的群落中,演替序列为:猪毛蒿 *Artemisia scopari* 群落y 达乌里胡枝子 *Lespedeza davurica* 群落y 冰草 *Agropyron cristatum* 群落y (达乌里胡枝子+ 铁杆蒿 *Al sacrorum*)群落y 白羊草 *Bothriochloa ischaemum* 群落y (白羊草+ 达乌里胡枝子)群落y (长芒草 *Stipa bungeana*+ 达乌里胡枝子)群落y 狼牙刺 *Sophora viciifolia* 群落;2)整个演替阶段的生活型:一年生草本群落y 多年生草本群落y 半灌木群落y 灌丛群落;3)演替阶段主要以菊科、禾本科、豆科植物为主;4)Shannon-wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数在9年达到最高值,在25年时最低,而Simpose指数呈相反的趋势;5)2个相邻演替阶段具有较高的相似性系数。该区弃耕地植被恢复的进展演替缓慢,物种组成单一,群落结构简单,可以通过人为干扰(如补植等)加速植被的恢复。

关键词:黄土丘陵区; 弃耕地; 演替序列; 生活型结构; 物种组成; 相似性系数; 物种多样性指数

中图分类号:Q16 **文献标识码:**A **文章编号:**100120629(2005)090001208

黄土高原地处我国西部,气候干旱,植被退化,水土流失严重,生态环境恶化,这不仅影响了当地的生活和生产建设,也制约了西部大开发战略的顺利实施。因此,进行黄土高原地区的生态环境建设具有重要意义。植被恢复是黄土高原生态环境建设的核心,长期以来一直受到各级政府和科研机构的高度重视,科研人员已在不同方面进行了大量的研究^[129],如植被建设的理论与技术研究、植被效益研究等。这些植被恢复实践和研究工作,为该区植被恢复与重建提供了积极的指导作用。但以往的研究主要集中在人工植被恢复方面^[1017],如植树造林技术研究、人工恢复过程的土壤性质变化、人工林地土壤肥力评价、人工林地力维护、人工林对土壤的培肥效应、不同利用年限人工林地土壤养分演变等方面,而对植被的自然恢复演替研究较少。近年国家大力提倡退耕还林、还草,促进植被的自我修复,这无疑黄土高原生态恢复的一个重要机遇。在试验区的安塞县高桥乡,自然植被主要为大面积的天然草地,弃耕时间差距较大。为了探索弃耕地群落演替的趋势和规律,应用空间序列代替时间序列,选择弃耕

2,6,9,13,16,19,25,30和40年的撂荒地,研究群落演替序列特征与物种多样性变化,为该区植被自然恢复工程的实施提供科学依据。

1 研究地自然和植被概况

陕北黄土丘陵沟壑区是森林草原地带向荒漠草原地带的过渡区,南为森林草原,北为荒漠草原,中部为典型草原。这里曾经林茂草丰,经历了战争、垦荒、乱砍、乱伐、滥牧等之后,森林逐渐减少,草场退化严重,致使该地区的植被覆盖度下降,由原来的80%下降到30%以下。现在植被类型主要为人工刺槐林 *Robinia pseudoacacia* 和天然草地。

试验区位于安塞县高桥北宋塔流域 (N 36°39'36.5d~ 37°43'45.1d, E 109°11'18.37d~

¹ 收稿日期:200520206

基金项目:中国科学院西部之光人才基金项目(2001);知识创新(KZCX026)项目;国家自然科学基金(90302005);2003年校青年基金(20030203071)项目

作者简介:郝文芳(1968),女,陕西西乡人,讲师,博士,主要从事植物生理生态学和恢复生态学研究。

通讯作者:梁宗锁 E-mail:lian_gzs819@163.net

110b13c462d), 全区面积约 50 km², 属中温带半干旱大陆性季风气候, 多年均温 8.1 e, 极端最高、最低气温分别为 36.1 e 和 -23.6 e; 年均日照时间 2397.3 h, \ 0 e 的活动年积温 3824.1 e, \ 10 e 有效年积温 3524.1 e, 无霜期平均 157 d; 多年年均降水量 513 mm, 且多集中在 7- 9 月; 年蒸发量 1490 mm; 土壤类型主要为黄绵土。所选弃耕地在 1999 年之前有放牧、割草等干扰, 1999 年开始封禁。

2 材料与方 法

2.1 样地的选择 2003 年 7 月 5 日- 8 月 25 日, 通过走访调查和查阅高桥乡土地使用记录, 选择弃耕 2, 6, 9, 13, 16, 19, 25, 30 和 40 年的撂荒地, 共 9 个样地, 样地面积 220~ 500 m² (见表 1), 每个样地随机选取 10 个典型样方, 其原则是要能代表整个样地。草地样方 1 m @ 1 m, 灌木样方 3 m @ 3 m。

表 1 试验样地概况

退耕时间 (年)	坡向	坡度	海拔 (m)	坡位	面积 (m ²)
2	半阴坡	38°	1370	中上部	300
6	半阴坡	42°	1380	中上部	250
9	半阴坡	34°	1400	上部	200
13	半阴坡	38°	1340	上部	300
16	半阴坡	33°	1355	上部	220
19	半阴坡	30°	1350	上部	380
25	阴坡	35°	1326	中上部	400
30	半阴坡	40°	1330	中上部	500
40	阳坡	30°	1300	中上部	300

2.2 测试内容及方法 调查密度(株数或丛数)、盖度(投影盖度), 同时按植物种称量地上部鲜质量。密度和盖度调查均用估测法。调查密度时, 丛生植物按丛数计算其个体数量; 盖度用估测法测定其投影盖度; 地上生物量采用刈割法。

2.3 分析计算

2.3.1 以各演替阶段的群落特征数据, 用重要值确定群落主要成分, 以优势植物区分不同的群落。重要值的计算公式: 重要值 = (相对盖度 + 相对密度 + 相对生物量) / 3

2.3.2 选用多样性指数 (diversity index)、丰富度指数 (richness index)、均匀度指数 (evenness index)、Simpson 优势度指数以及群落相似性系数^[18,29]。

$$M_a = (S - 1) / \ln N$$

$$H_c = - \sum P_i \ln P_i$$

$$J_p = - \sum P_i \ln P_i / \ln S$$

式中 M_a 为 Margalef 丰富度指数, S 物种的数目, N 为所有物种个体总数; H_c 为 Shannon-wiener 指数, P_i 在研究中用重要值代替; J_p 为 Pielou 均匀度指数。

用 Simpson 优势度指数 D 测定群落内不同物种所起的作用和所占的地位。

$$D = \sum P_i^2$$

群落相似性系数采用 Sorensen 相似性指数来计算群落的相似度: $C = Z_j / (a + b)$

其中 Z_j 为 2 个群落的共有种在各群落中重要值的总和, a 和 b 分别是 2 个群落中所有种重要值的总和。

3 结果与分析

3.1 弃耕地演替过程中植被更替序列

3.1.1 猪毛蒿群落阶段 弃耕前以猪毛蒿 *Artemisia scoparia* 为建群种, 2 年后演替为先锋植物, 在弃耕后土壤相对疏松、通气较好的条件下能够迅速繁殖, 优先占据生态位而发展成建群种, 亚优势种为狗尾草 *Setaria viridis*。此时群落有 10 个植物种, 植物个体数为 175 个/m², 盖度为 22%。

3.1.2 达乌里胡枝子群落阶段 经过 4 年恢复, 原建群种猪毛蒿被达乌里胡枝子 *Lespedeza davurica* 替代, 演替为以达乌里胡枝子为建群种的群落, 亚优势种为芨蒿 *Artemisia giraldii*、猪毛蒿和铁杆蒿 *Alopecurus*。达乌里胡枝子具有较强的更新能力, 入侵、繁殖迅速。弃耕 4 年后, 演替为建群种。此时的植物种和个体数大大增加。在弃耕 6~ 9 年的演替过程中, 达乌里胡枝子仍为建群种, 群落的类型虽然没有改变, 但亚优势种却发生了变化, 弃耕 6 年时为芨蒿、铁杆蒿和猪毛蒿, 而到演替进行到 9 年时, 亚优势种变化为白羊草 *Bothriochloa ischaemum* 和铁杆蒿。群落由

6年的17个种/m²演替为27个种/m²,植物个体数由342增加到426个,盖度由26%增加到52%,群落的物种丰富度最大,物种多样性高。

3I 11 3 冰草群落阶段 野外调查表明,冰草有极强的拓殖能力,弃耕13年后演替为建群种,前一阶段的达乌里胡枝子演替为亚优势种,此阶段的次优势种还有阿尔泰狗娃花 *Heteropappus altaicus*。群落中植物种数为20个/m²,植物个体数为617个,盖度39%。

3I 11 4 达乌里胡枝子+铁杆蒿群落阶段 当演替进行到16年时,冰草的优势地位下降,成为亚优势种,达乌里胡枝子、铁杆蒿通过竞争演替为优势种,形成以达乌里胡枝子、铁杆蒿为建群种,冰草为亚优势种的达乌里胡枝子+铁杆蒿群落阶段。群落中植物种数为16个/m²,植物个体数为412个,盖度38%。

3I 11 5 白羊草群落阶段 弃耕19年的群落是以白羊草为建群种,达乌里胡枝子、铁杆蒿为亚优势种,和前一阶段相比,群落中植物种减少为14个/m²,物种数为307个,盖度为34%。达乌里胡枝子、铁杆蒿由原来的建群种下降为次优势种,但这2种植物的盖度、生物量占的比例很大,重要值也占整个群落的多一半,且为半灌木,可见他们在群落结构中占据着相当重要的地位。

3I 11 6 白羊草+达乌里胡枝子群落阶段 弃耕25年的群落以白羊草、达乌里胡枝子为建群种,亚优势种为芨蒿、长芒草和铁杆蒿,此时的植物种类演替为7个/m²,成分相对较少,有253个植物个体,盖度为34%,群落结构相对稳定。

3I 11 7 长芒草+达乌里胡枝子群落阶段 弃耕30年的群落演替为长芒草 *Stipa bungeana*、达乌里胡枝子群落,铁杆蒿、白羊草为亚优势种,群落内植物种有9个/m²,植物个体数为347个,覆盖度为35%,种、植物个体和群落的盖度均有所增加,但起伏不大。

3I 11 8 狼牙刺群落阶段 弃耕40年的群落为狼牙刺 *Sophora viciifolia* 的单优灌丛群落,而亚优势种为芨蒿和长芒草,群落内植物种类有9个/m²,植物个体数为273个,覆盖度为42%,和前一阶段相比,植物种没有发生变化,但个体数由347个减少

为273个,覆盖度由35%增加为42%。

黄土高原在自然状况下,能演替为狼牙刺群落,无疑是植被恢复的一个良好过程,但这种群落只出现在个别靠近崖地的地段,可能是外界干扰少的缘故。

达乌里胡枝子除在弃耕2年的群落中没有,从弃耕6年开始,一直存在于以后的整个演替过程中,且在群落中起着重要的作用。由此可见,达乌里胡枝子是试验区的适宜草种,可以大面积种植。

3I 2 弃耕地演替过程中的生活型结构 分析表2,弃耕2年的猪毛蒿群落阶段,群落主要由一年生草本组成,其中一年生草本、多年生草本和半灌木的重要值分别为64.67%,28.27%,7.06%。弃耕2年后,由于土壤疏松,通气性良好,一年生草本植物的种子迅速繁殖,在群落中占据了主要生态位。而多年生草本植物和半灌木是耕种过程中由杂草成为的残遗种,因干扰少,通过种子、根茎等繁殖体繁殖也迅速占据一定的生态空间。

表2 弃耕地演替过程中不同生活型的重要值 %

弃耕时间 (年)	一年生 草本植物	多年生 草本植物	半灌木	灌木
2	64.67	28.27	7.06	
6	15.91	25.66	57.57	0.860
9	4.54	34.11	60.93	0.041
13	2.49	82.72	14.79	
16	4.94	34.08	60.63	0.350
19	2.38	42.38	54.31	
25		20.52	79.47	
30		44.40	47.84	7.750
40		24.00	27.54	48.540

在2~6年的演替过程中,一年生草本植物的比例减少,多年生草本植物的数量也略有降低,此时群落中半灌木的重要值却迅速增大,同时出现了少量狼牙刺实生苗,这是由于动物等将繁殖体带入群落而成为偶见种。

演替到9年,一年生草本植物的重要值降为4.54%,多年生草本、半灌木的重要值均比6年的有所升高,分别为34.11%和60.93%,同时有草

本状的灌木草麻黄 *Ephedra sinica* 入侵,但它也是一个偶见种,和狼牙刺一样,在此阶段不能代表演替的方向。

在 13 年时,一年生草本植物的重要值降为 21 49%,多年生草本植物的地位却在上升,群落中的阿尔泰狗哇花、铁杆蒿、达乌里胡枝子等均成丛分布,此阶段多年生草本植物的重要值(821 72%)为整个阶段的最大值,但半灌木的成分比前一阶段少,重要值为 141 79%。

在弃耕后的 16 年,一年生草本植物的重要值略增,为 41 94%,多年生草本植物的重要值却减少为 341 08%,减少约 58%,而半灌木的重要值却增加为 601 63%,此阶段群落中的植物主要以半灌木为主,建群种、主要伴生种都发生了很大变化,群落中又有狼牙刺出现,其重要值为 01 35%,也可能是偶见种。

弃耕 19 年的群落,一年生草本植物的重要值降为 21 38%,是整个演替阶段的最小值,多年生草本植物的重要值增加为 421 38%,半灌木的重要值减小为 541 31%。群落中没有灌木出现。

在演替进行到 25, 30 和 40 年时,群落中一年生草本植物由于环境的改变全部死亡或迁出。25 年时,半灌木占据了群落的大部分,重要值为 791 47%,是整个演替阶段半灌木最大重要值,多年生草本植物也有相当大的比例。在 30 年时,半灌木的比例稍多于多年生草本,同时群落中已有狼牙刺定居,重要值为 71 75%。当植被恢复进行

到 40 年时,群落中不同生活型植物的重要值从大到小排序为:灌木>半灌木>多年生草本,其中灌木狼牙刺的重要值为 481 54%,形成以狼牙刺为建群种的单优群落。

从整个演替过程来看,在演替初期,群落以一年生草本植物为主,随着演替地进行,一年生草本植物的重要值降低。从弃耕 25 年开始,群落中已经没有一年生草本植物存在,主要为多年生草本植物和半灌木。多年生草本的重要值在整个演替阶段呈现出先升高后降低的趋势。半灌木的重要值呈现波动式变化,其中以弃耕 9 年群落为最大。而灌木的重要值在演替的最后阶段呈现出最大值。

3.3 弃耕地演替过程中的植物物种组成

调查结果表明,弃耕地演替过程中,群落样方共出现 34 种植物,分属于 11 科。其中,菊科 10 种,禾本科 7 种,豆科 8 种,唇形科 Labiatae 2 种,还含有 1 种的科有:堇菜科,藜科,胡麻科,蔷薇科,牻牛儿苗科,远志科和麻黄科。

菊科、禾本科和豆科植物在调查区所占比例最大,为全部种的 74%。经过比较分析,各演替阶段这三大科植物占该阶段群落中植物种数的比例为:弃耕 2 年为 80%,6 年为 881 24%,9 年为 811 48%,13 年为 85%,16 年为 100%,19 年为 711 43%,25 年 711 43%,30 年为 881 89%,40 年为 881 89%。

表 3 弃耕不同演替阶段主要植物科、种的组成动态变化

弃耕时间 (年)	各阶段总科数 (个)	各阶段总种数 (种)	三大科的种数分布				占本群落的百分比 (%)
			菊科(种)	禾本科(种)	豆科(种)	合计(种)	
2	4	10	7	1		8	801 00
6	5	17	8	4	3	15	881 24
9	7	27	8	7	7	22	811 48
13	6	20	8	6	3	17	851 00
16	3	16	6	6	4	16	1001 00
19	7	14	4	3	3	10	711 43
25	5	7	3	1	1	5	711 43
30	4	9	2	2	4	8	881 89
40	4	9	2	3	3	8	881 89

这表明菊科、禾本科和豆科在调查区弃耕地植被自然恢复过程中所起的作用最大,而且在该地区的植物区系中占居着重要地位。另一方面,调查区主要以这三大科植物为主,植被结构相对简单,物种多样性相对较少,使植被恢复过程较为缓慢,这可能与该区自然条件恶劣有关。

3.4 弃耕地演替过程中的植物物种多样性变化 物种多样性是群落生物组成结构的重要指标,物种丰富度和均匀度与物种多样性密切相关。群落内物种组成愈丰富,则多样性越大,另一方面,群落内有机体在物种间的分配越均匀,即物种均匀度愈大,群落多样性值越大^[29]。丰富度指群落内种的绝对密度,而均匀度指群落内种的相对密度。多样性指数是物种水平上群落多样性和异质性程度的度量,能够综合反映群落物种多样性和各种间个体分布的均匀程度,优势度指数测定群落内不同物种所起的作用和所占的地位^[30]。随着演替进行,植物种数量逐渐增加,群落结构也趋于复杂化,因此,物种丰富度显著提高^[31,32]。丰富度增大,主要是物种数量逐渐增多。在撂荒地演替的初始阶段,群落的生态环境条件较差,主要是少数杂类草种的出现,随后种类增多,发展为较茂密的杂类草植物群落,抑制了优良牧草的生长,随着群落生长环境条件的逐渐改善,灌木种和乔木种不断出现,并逐步发展为优势种,使群落层次分化明显,结构复杂,可容纳各类生态型植物生存,因此,丰富度越来越大。

在弃耕演替过程中,随着群落组成的变化,群落内不同物种所起的作用和所占的地位发生变化,优势度指数发生相应的改变。优势度指数反映群落内不同物种所起的作用和所占的地位,它是群落内物种优势程度的综合数量特征指标,通常同物种多样性相反。在演替初期,土壤疏松,水肥充足,一年生草本植物迅速侵入,使演替初期群落具有较高的生态优势度,但在随后的演替中,群落的优势度减小,群落内物种的优势地位逐渐减弱,优势种逐渐变的不明显,物种越多,这种效应

越明显。弃耕2年时,生态优势度最高,弃耕9年时,生态优势度为第1个最低值,在25年时,又逐渐升高,为第2个最大值,以后呈降低的趋势,40年降至最低。

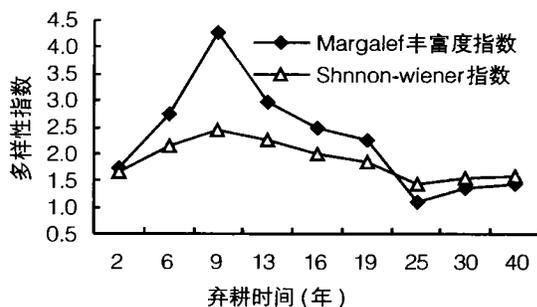


图1 丰富度指数和香农指数的变化

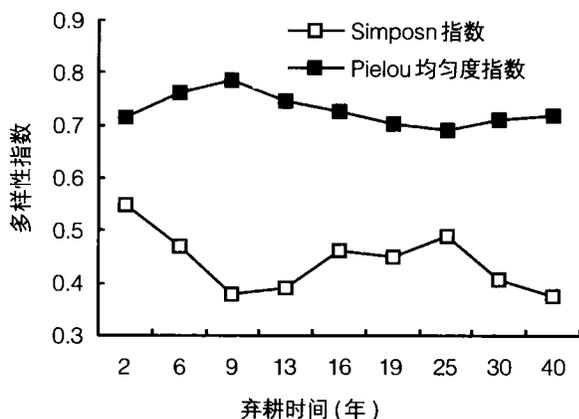


图2 Simpson指数和Pielou均匀指数的变化

从图1和图2可以看出,在演替初期,多样性指数、均匀度指数和丰富度指数随演替时间延长而增加,在9年时相对最高,从13年开始,多样性指数、均匀度指数、丰富度指数都呈波动式的降低趋势,在弃耕25年时最低。根据野外调查,在多样性指数相对较高时,盖度较大,群落内物种最为丰富,物种之间的竞争也最为剧烈,结果使群落反而变的不稳定。较高的物种多样性,相对应的物种丰富度指数和均匀度指数也较高。较高的均匀度(尽管种类单一、数量较少)也会导致较高的物种多样性指数。物种多样性作为植被群落演替的重要特征之一,既受物种种类及其数量的影响,也受物种空间分布的影响。物种多样性的恢复是植被和生态系统恢复过程的重要标志之一。因此,

可以通过植被恢复过程中物种多样性变化, 评价植被生态功能的恢复。在黄土高原地区, 植被的这种功能主要表现为保水保土功能。弃耕 9 年的群落, 其盖度相对较大, 对恢复退化植被、保护土壤、防止水土流失具有主要作用。

3.5 群落的相似性系数 从表 4 可以看出, 弃耕 2 年的群落, 其相似性系数和 6 年的最相近, 和

表 4 弃耕地的相似性系数

弃耕时间 (年)	2	6	9	13	16	19	25	30	40
2	1	0.711 2	0.608 0	0.557 3	0.458 52	0.320 11	0.268 45	0.216 6	0.142 6
6		1	0.925 6	0.883 4	0.839 05	0.785 82	0.666 67	0.331 4	0.222 3
9			1	0.907 0	0.892 04	0.886 80	0.730 70	0.465 9	0.348 8
13				1	0.956 76	0.879 87	0.781 97	0.582 5	0.398 7
16					1	0.890 49	0.802 10	0.600 6	0.419 1
19						1	0.882 21	0.731 2	0.588 6
25							1	0.836 7	0.759 3
30								1	0.832 9
40									1

4 讨论与结论

4.1 在整个演替过程中, 弃耕地的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数在演替进行到 9 年时达到最高值, 9~40 年, 呈波浪式的降低趋势。物种多样性的恢复是植被和生态系统恢复过程的重要标志之一, 因此, 可以通过对植被恢复过程中的物种多样性变化研究评价植被生态功能的恢复。在黄土高原地区, 植被的这种功能主要表现为保水保土功能。弃耕 9 年的群落, 其盖度相对较大, 对恢复退化植被、防止水土流失具有重要作用。从植被恢复和植被的功能来看, 弃耕 9 年的群落结构最佳, 因此在生产上, 可参照此结构来恢复植被。

4.2 相似性系数表明, 只有邻近 2 个群落具有较高的相似性系数, 也才具有相似的群落特征。相距的时间越远, 相似性系数越小, 表明在黄土丘陵区现有的生态环境条件下, 自然植被的进展演替缓慢, 可以在群落结构特征和土壤性质的变化规律下, 通过人为干扰(如补植、补播等)达到人为加速演替, 促进自然植被快速恢复。

4.3 分析表明, 弃耕 2~40 年演替序列为猪毛蒿

40 年的相差最大。所有群落相似性系数有一个规律: 随着演替的进行, 群落之间的演替时间相隔越长, 则相似性系数越低, 表明群落之间的物种组成差异越明显, 每一群落类型总是与下一阶段最邻近的群落具有较高的相似度。相似性系数的这种变化表明了群落演替过程中物种组成结构的渐变。

群落 y 达乌里胡枝子群落 y 冰草群落 y 达乌里胡枝子+ 铁杆蒿群落 y 白羊草群落 y 白羊草+ 达乌里胡枝子群落 y 长芒草+ 达乌里胡枝子群落 y 狼牙刺群落。建群种由一年生草本演替为半灌木, 直到狼牙刺灌木。从整个演替过程的生活型来看, 演替的趋势是由一年生草本占据群落的主导地位发展到多年生草本、半灌木及灌木占据群落的主体。植物的物种组成在整个演替过程中, 以菊科、禾本科和豆科为主, 但群落的物种组成较单一, 结构简单, 不利于该区植被的自然恢复。要从根本上改变黄土高原植被现状, 可选择当地的乡土草种, 通过人为调控, 改变物种多样性和丰富度, 以达到快速恢复植被的目的。

参考文献:

- [1] 景维杰, 韩蕊莲, 侯庆春, 等 | 不同间距水平阶集水及造林效果的研究[J] | 西北林学院学报, 2004, 19(3): 324
- [2] 黄华, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等 | 干旱胁迫条件下油松幼苗生长及抗旱性的研究[J] | 西北林学院学报, 2004, 19(2): 24
- [3] 侯庆春, 韩蕊莲, 李宏平 | 关于黄土丘陵典型地区植

- 被建设中有关问题的研究 I 土壤水分状况及植被建设区划[J] 水土保持研究, 2000, 7(2): 1022-1101
- [4] 韩蕊莲, 侯庆春¹ 黄土丘陵典型地区植被建设中有关问题的研究 0 立地条件类型划分及小流域造林种草布局模式[J] 水土保持研究, 2000, 7(2): 112-118
- [5] 侯庆春, 韩蕊莲, 李宏平¹ 关于黄土丘陵典型地区植被建设中有关问题的研究 III 乡土树种在造林中的意义[J] 水土保持研究, 2000, 7(2): 1192-1231
- [6] 侯庆春, 韩蕊莲¹ 黄土高原植被建设中的有关问题[J] 水土保持研究, 2000, 20(2): 532-561
- [7] 邹厚远, 关秀琦, 鲁子瑜, 等¹ 黄土丘陵区造林技术研究[J] 水土保持研究, 1994, 1(3): 492-601
- [8] 邹厚远, 关秀琦, 韩蕊莲, 等¹ 关于黄土高原植被恢复的生态学依据探讨[J] 水土保持研究, 1995, 9(4): 24
- [9] 魏宇昆, 梁宗锁, 崔浪军, 等¹ 黄土高原不同立地条件下沙棘的生产力与水分关系研究[J] 林业科学, 2004, 15(2): 195-2001
- [10] 李瑞雪, 薛泉宏, 杨淑英, 等¹ 黄土高原沙棘刺槐人工林对土壤的培肥效应及其模型[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 142-11
- [11] 王国梁, 刘国彬, 许明祥¹ 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J] 植物营养与肥料学报, 2001, 22(1): 251
- [12] 常庆瑞, 安韶山, 刘京, 等¹ 黄土高原恢复植被防止土地退化效益研究[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 629
- [13] 胡鸿, 刘世全, 陈庆恒, 等¹ 川西亚高山针叶林人工恢复过程的土壤性质变化[J] 应用与环境生物学报, 2001, 7(4): 3082-314
- [14] 李瑞雪, 薛泉宏, 杨淑英, 等¹ 黄土高原沙棘刺槐人工林对土壤的培肥效应及其模型[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 142-11
- [15] 许明祥, 刘国彬¹ 黄土丘陵区刺槐人工林土壤养分特征及演变[J] 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 404-6
- [16] 许明祥, 刘国彬, 卜崇峰, 等¹ 黄土丘陵区人工林地土壤肥力评价[J] 西北植物学报, 2003, 23(8): 1362-13711
- [17] 马祥庆, 叶世坚, 陈绍栓, 等¹ 轮伐期对杉木人工林地力维护的影响[J] 林业科学, 2000, 36(1): 47-52
- [18] 高贤明, 黄建辉, 万师强, 等¹ 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 0 演替系列的群落 A 多样性特征[J] 生态学报, 1997, 17(6): 612-6251
- [19] 沈泽昊, 方精云, 刘增力, 等¹ 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析[J] 植物生态学报, 2001, 25(6): 722-7321
- [20] 温远光, 元昌安, 李信贤, 等¹ 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(2): 332-401
- [21] 李新荣, 张景光, 刘立超, 等¹ 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究[J] 植物生态学报, 2000, 24(3): 257-2611
- [22] 杨利民, 韩梅, 李建东¹ 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化[J] 植物生态学报, 2001, 25(1): 1102-1141
- [23] 裴志永, 欧阳华, 周才平¹ 青藏高原高寒草原碳排放及其迁移过程研究[J] 生态学报, 2003, 23(2): 232-2361
- [24] 郭正刚, 刘慧霞, 孙学刚, 等¹ 白龙江上游地区森林植物群落物种多样性的研究[J] 植物生态学报, 2003, 27(3): 382-3951
- [25] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等¹ 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 0 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J] 生态学报, 1995, 15(3): 262-2771
- [26] 马克平, 刘灿然, 刘玉明¹ 生物群落多样性的测度方法 0 B 多样性的测度方法[J] 生物多样性, 1995, (3): 382-431
- [27] 马克平¹ 生物群落多样性的测度方法 0 A 多样性的测度方法(上)[J] 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168
- [28] 马克平, 刘玉明¹ 生物群落多样性的测度方法 IA 多样性的测度方法(下)[J] 生物多样性, 1994, 2(4): 232-2391
- [29] 郑师章, 吴千红, 陶芸, 等¹ 普通生态学方法与原理[M] 北京: 复旦大学出版社, 1994 160-1661
- [30] 白永飞, 许志信, 李德新¹ 内蒙古高原针茅草原群落 A 多样性研究[J] 生物多样性, 2000, 8(4): 353-360
- [31] 陈廷贵, 张金屯¹ 山西关帝山神尾沟植物群落物种多样性与环境关系的研究 I 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J] 应用与环境生物学报, 2000, 6(5): 402-4111
- [32] 张金屯, 柴宝峰, 邱扬, 等¹ 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): 378-3841

Study of species diversity evolution process during vegetation restoration

of abandoned farmland in the hilly loess plateau

HAO Wenfang¹, LIANG Zongshuo^{1,2}, CHEN Cunqin¹, TANG Long¹

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

Abstract: This paper is a study about the species diversity evolution process during vegetation restoration of abandoned farmland in the hilly and gully area of the Loess Plateau. Based on the community investigation and analysis of different abandoned field succession stages from 2, 6, 9, 13, 16, 19, 25, 30 and 40 years, the results show that the succession series is *Artemisia scoparia* community, *Lespedeza davurica* community, *Agropyron cristatum* community, *Lidavurica* and *Alsacrorum* community, *Bothriochloa ischaemum* community, *Bischaemum* and *Lidavurica* community, *Stipabungeana* and *Lidavurica* community, *Sophoraviciifolia* community. From the analysis of vegetative life style during the succession process, we can conclude that the succession trend changes from the annual herb dominant community to the perennial herb dominant community, the subshrub dominant community and the following shrub dominant community. The vegetation restoration type is mainly Compositae, Gramineae and Leguminosae. In the ninth year of the succession stage, the Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index and Margalef richness index appeared maximum, fluctuant down during the stage 9 to 40 years. The minimal index is 25 years abandoned stage and then a little increase to the 40 years abandoned stage. The similarity coefficient analysis shows that the neighboring succession stages have much higher similarity coefficient, meanwhile the farther succession stages appear lower similarity. In this area, vegetation restoration process is very slow at abandoned fields, and much of the species are homologous. The structure of community is simple. Through man-made disturbance (such as seeding) can solve the question mentioned above and accelerate vegetation restoration in the same time.

Key words: the hilly loess plateau; abandoned field; succession series; the structure of life style; species composition; similarity index; index of species diversity

我国西南六省(市)区携手构筑生态屏障

位于中国西南的广西、云南、西藏、四川、重庆、贵州六省(市)区近年来携手合作,通过加强区域内重要流域的生态建设和环境保护,在亚洲主要河流的上游构筑起生态屏障。

据了解,通过治理,四川省 3.4 万 km² 水土流失面积得到有效控制,年滞留泥流 1.4 亿 t;云南共建成 19 座污水处理厂,九大高原湖泊水质基本保持稳定;重庆市三峡库区内首批 13 座垃圾处理厂建成投产;西藏自然保护区面积占全区土地面积的 1/3 以上;贵州省出省河流的水质均达到 1~3 类。

西南六省(市)区高层领导日前在贵阳召开会议,表示今后将加快启动石漠化、草场综合治理工程,继续推进退耕还林还草、退牧还草工作;对长江、珠江、雅鲁藏布江等重点流域、重要江河源头区,加大保护和治理力度;开展跨省区的重点流域、重点区域的治理工程;建立跨界污染治理协调机制和跨界污染事故应急处理机制。

(黄勇)