

半干旱退化山区侵蚀沟及坡面植被多样性研究

张源润, 蔡进军

(宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 银川 750002)

摘要: 黄土高原半干旱退化山区, 由于长期的乱垦滥伐, 过度放牧, 造成水土流失严重, 自然植被退化。随着退耕还林草工程和自治区人民政府全区范围内禁牧政策的实施, 经过人工坡地改造工程, 该区自然植被得到了一定的恢复。研究表明: 退耕还林、还草、全面封育、土地利用方式的改变加快了示范区生物多样性的演替, 群落物种得以生长、生存, 物种的多样性增加, 群落的相对稳定性提高。

关键词: 坡地改造; 植被; 多样性

中图分类号: Q 948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)03-0076-03

Study on Eroded Ditch and Vegetation Diversity on Slope Land in Semi-arid Degraded Mountain Area

ZHANG Yuan-run, CAI Jin-jun

(Desert Administering Institution, Ningxia Agricultural and Forest Academy Yinchuan 750002, China)

Abstract: Disorderly felling and over grazing on semi-arid degraded mountain area in Loess Plateau lead to deteriorated plant and soil erosion. As the implementation of reforestation project and forbidding grazing policy in Ningxia Autonomous Region, after sloping fields transforming project, the vegetation recovered to some extent. Research result showed: measures such as deforesting and reforestation, no grazing and changes in land using accelerated biodiversity succession in demonstration district, the plant community species developed, species diversity and plant relative stability increased.

Key words: the sloping fields reforms; vegetation; diversity

试验示范区彭阳县岷峨乡中庄村, 属于典型的温带大陆性气候, 地貌类型属黄土高原腹部梁峁丘陵地, 土壤以普通黑垆土为典型土壤。该地区年平均降水量 400 mm, 境内蒸发量较大, 干燥度(0 的蒸发量)为 1.21~1.99。植被类型以干草原植被为基础, 生有长茅草、冰草、白羊草、赖草、角蒿、铁杆蒿、地椒、二裂委陵菜、星毛委陵菜等; 其次还有少量的中生和旱生细叶锦鸡儿、马茹刺、醉鱼草等落叶阔叶灌丛生长。人工植被以山桃、山杏、沙棘等为主, 植被覆盖度较低, 约为 11%。侵蚀沟及坡面上的植被, 由于当地退耕还林还草、水土保持工程措施做得比较好, 依靠自然修复能力, 天然植被恢复很快, 表现出生物物种的多样性和生物群落的多样性。

群落多样性就是指生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的丰富多彩的差异。在一定的景观或区域内, 我们首先感知的是景观的差异性, 而景观的异质格局是由生物群落的多样性决定的。试验示范区在原来的基础上, 进一步加强了林草的建设和保护, 使植被得到较快的恢复, 尤其是草本植物种类和覆盖度有了明显的提高, 很好的发挥了保持水土流失的效益。我们对示范区内侵蚀沟及退耕还林还草地坡面进行植被的生物多样性调查, 以便了解目前植物群落的种群种类、数量、盖度以及其种群不同的静态和动态的特征, 该研究可作为示范区加速植被恢复技术研究的理论依

据, 为该区生物多样性的保护与退耕还林草以及植被持续利用提供参考或依据。

1 调查方法

我们采用样线调查法, 调查地点为一东西长数公里的侵蚀沟沟中, 上部的一个小支沟内, 代表侵蚀沟的阴、阳坡植被, 一般坡度 35°以上; 而阳坡坡度均在 40°以上。十六峁和大岔梁的样方设置在阴、阳坡, 各设 100 m (50 m × 2) 样线, 自上而下或自下而上, 并在每 10 m 处设 1 个 1 m × 1 m 的样方, 记载方法同侵蚀沟调查。把侵蚀沟和被调查的坡面(阴、阳坡)截成横断面, 样线选取顺坡而上或顺坡而下取直线, 每样地样线长度为 100 m (可以分为两段 50 m), 每 10 cm 根据垂直投影方向的植物种产生一个记录值, 分乔、灌、草三层分别记录, 裸露地为空, 同时在每 10 m 处设一个 1 m × 1 m 的样方, 样方调查记载植株种类的同时记载植株高度、各植株在样方内的覆盖率。

2 种群生物多样性调查

研究群落首先注意种群的密度, 也就是物种的丰富度即物种的数目, 是最简单、最古老的物种多样性调查方法, 种群密度通过以单位面积上的个体数目或种群生物量表示, 用单位面积的物种数目, 即物种密度(Hurlbert 1971)来测度物

收稿日期: 2004-02-09

基金项目: 国家“十五”国家科技攻关课题“半干旱退化山区生态农业建设技术与示范”(2000BA606A-04)

作者简介: 张源润(1960-), 女, 副研究员, 主要从事干旱地区荒漠化治理、森林经理及造林等方面的研究。

种的丰富程度, 这种方法多用于植物多样性研究, 一般用每平方米的物种数目表示(Magurran 1988)。草本植物在黄土地区植被覆盖率比较低, 植被对当地的水土保持、防止水土流失、遏制侵蚀沟的发生发展起到至关重要的作用, 但因小灌木和草本植物个体矮小或丛生多分枝, 不易查数, 通常除了以单位面积上植株个体数计量种群密度外, 也采用多度(调查样地上的个体数目)盖度(植物枝叶覆盖地面的百分数)反映种群的密度。我们这次对侵蚀沟和退耕还林还草坡地的调查, 确定种群密度的标准, 采用德鲁捷(Drude)的等级标准把多度和盖度结合在一起共划分七个等级。

(1) Soc“极多”——植株地上部分密闭, 形成背景, 覆盖面积 75% 以上。

(2) cop³⁺“很多”——植株很多覆盖面积 50% ~ 75%。

(3) cop²⁺“多”——个体多, 覆盖面积 25% ~ 50%。

(4) cop¹⁺“较多”——个体尚多, 覆盖面积 5% ~ 25%。

(5) sp⁺“尚多”——植株不多, 呈散分布, 覆盖面积 5%。

(6) so⁺“稀少”——植株稀少, 偶见一些植株。

(7) un⁺“单株”——仅见一株。

3 结果与分析

经过我们对一沟(侵蚀沟)两山(十六卯、大岔梁)的六条样线, 38 样方调查, 植被在不同坡向、不同部位的植物种类的丰富度、均匀度和多样性有较明显的差异。

3.1 侵蚀沟的阴坡

在 5 个 1 m² 的样方内有草本植物 26 种, 平均每 1 m² 内有植物 11 种, 其中以黄蒿(*A. retusa annuus*) cop²、铁杆蒿(*A. retusa gmelinii*) cop¹、茵陈蒿(*A. retusa capillaris*) cop¹、冰草(*Agropyron cristatum*) cop¹、野苜蓿(*Medicago falcata*) sp、达乌里胡枝子 so¹、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*) so¹、长芒草(*Stipa bungeana*) so¹、草藤(*Vicia cracca*) so¹、车前(*Plantago asiatica* L.) so¹、紫菀(*Aster tataricus* L. f.) so¹、荨麻 so¹、地椒(*Thymus mongolicum* Renn.) un、苔草(*Carex*) un、米口袋(*Gueldenstaedtia multiflora*) un、苦苣菜(*Onchus brachyotus*) un、灰旋花(*Convolvulus arvensis*) un 等, 平均覆盖度达 91%。

3.2 侵蚀沟阳坡

每 1 m² 样方内平均有植物 9 种, 黄蒿、铁杆蒿、二裂委陵菜、苔草、紫菀、长芒草、达乌里胡枝子、骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)、米口袋等, 在样线调查中偶尔见到白蒿、沙葱、棘豆、野苜蓿、车前、银灰旋花(*Convolvulus amm annii*)、白羊草、狗尾巴草、苦苣菜、裂叶委陵菜, 以及野枸杞(*Lycium chinense*)、马茹子(*Prinsepia uniflora*)、互叶醉鱼草(*Buddleja*) 等灌木树种。平均覆盖度在 75% ~ 80%。而侵蚀沟沟底 1 m² 仅有植物 7 种, 黄蒿、铁杆蒿、灰条(*Chenopodium album*)、车前、冰草、独行菜(*Lepidium apetalum*)、三菱草, 覆盖度为 50%。

3.3 十六卯

坡向为西坡、阳坡, 植被种类在坡面上总共发现 22 种, 每 1 m² 内平均有植物 11.4 种。其中以苔草 cop¹, 盖度 22.0%、达乌里胡枝 cop¹, 盖度 21.0%、裂叶委陵菜 cop¹, 盖度 16.0%、黄蒿 cop¹, 盖度 6.5%、长芒草 cop¹, 盖度 9.0%、地椒 sp, 盖度 3.0%、棘豆 sp, 盖度 4.0%、二裂委陵菜 sp, 盖度 4.6%、紫菀 sp, 盖度 4.5%、白蒿 so¹, 盖度 2.8%、苦苣菜 un, 盖度(%) < 1、冰草 un, 盖度(%) < 1、野苜蓿 un, 盖度(%) < 1、地附 un, 盖度(%) < 1、米口袋 un, 盖度(%) < 1、野

胡麻(*Linum stelleroideis*) un, 盖度(%) < 1、沙葱 un, 盖度(%) < 1、野决明(*Themopsis lanceolata*) un, 盖度(%) < 1、苦豆子(*Sophora alopecuroides*) un, 盖度(%) < 1、蒲公英 un, 盖度(%) < 1、狼毒 un, 盖度(%) < 1、银灰旋花 un, 盖度(%) < 1。

十六卯植被基本特征, 因土壤较干旱, 坚硬, 中、旱生植物比重较大, 植物相对稀疏, 植株生长比较矮小, 植被总覆盖度平均在 52%。

3.4 大岔梁

大岔梁沟的两坡属一阳一阴的退耕荒坡, 坡度 20° ~ 25°; 其中阳坡为西北坡, 退耕较早, 已定植部分乔木树种, 几年来的封育管护, 植被得到较大的恢复, 样方内共出现植物 18 种, 而每个样方内平均有 12.6 种, 其中主要为长芒草 cop¹, 盖度 16.8%、达乌里胡枝子 cop¹, 盖度 9.8%、裂叶委陵菜 cop¹, 盖度 18.1%、苔草 cop¹, 盖度 13.1%、二裂委陵菜 cop¹, 盖度 7.4%、黄蒿 cop¹, 盖度 10.5%、冰草 cop¹, 盖度 6.4%、棘豆 so¹, 盖度 3.1%、白蒿 so¹, 盖度 2.1%、地椒 so¹, 盖度 2.1%、星毛委陵菜 so¹, 盖度 1.9%、紫菀 so¹, 盖度 1.6%、野苜蓿 so¹, 盖度 1.4%、车前 un, 盖度(%) < 1 等。其它有老鹳草 un, 盖度(%) < 1、银灰旋花 un, 盖度(%) < 1、谷牧 un, 盖度(%) < 1、米口袋 un, 盖度(%) < 1、沙葱 un, 盖度(%) < 1、野胡麻 un, 盖度(%) < 1。

大岔梁沟阴坡大部分是今年开始退耕还林, 除部分水平带整地营造一些山杏等树种外, 大部分坡面为隔坡地, 植被开始恢复, 新退耕地 1~5 号样方共有植物 10 种, 平均每 1 m² 内植物 2 种, 主要有冰草 cop², 盖度 25.5%、苦苣菜 cop¹, 盖度 17.6%、长芒草 cop¹, 盖度 17.5%、黄蒿 cop¹, 盖度 14.0%、角蒿 cop¹, 盖度 14.0%、达乌里胡枝子 cop¹, 盖度 7.2%、苔草 cop¹, 盖度 5.1%、白草 so¹, 盖度 1.4%、独行菜 un, 盖度(%) < 1、紫菀 un, 盖度(%) < 1, 平均覆盖度为 32%。5~6 号样方在隔坡荒坡上, 样方内共有植物 23 种, 平均每 1 m² 样方内有植物 4.6 种, 植物种类较多, 但生长矮小, 委陵菜属的植株比较多, 说明土壤比较干旱, 总覆盖度达 83%。其中地椒 cop², 盖度 25.0%、冰草 cop¹, 盖度 16.8%、黄蒿 cop¹, 盖度 12.7%、长芒草 cop¹, 盖度 8.6%、白羊草 cop¹, 盖度 7.0%、星毛委陵菜 sp, 盖度 5.0%、裂叶委陵菜 so¹, 盖度 3.8%、达乌里胡枝子 so¹, 盖度 3.1%、棘豆 so¹, 盖度 2.2%、苦苣菜 so¹, 盖度 1.8%、银灰旋花 un, 盖度(%) < 1、田旋花 un, 盖度(%) < 1。

4 生物群落中种的多样性辛普森(Simpson)指数

辛普森指数公式:

$$D = 1 - \sum (P_i)^2$$

式中: D ——多样性指数, s ——种的总数, P_i ——样本中属于 i 种所占的比例数。

$$x = 0.72237 \quad n = 38 \quad s = 0.11725$$

$$\text{上控线} = x + 3s/\sqrt{n} = 0.77943$$

$$\text{下控线} = x - 3s/\sqrt{n} = 0.66531$$

通过对 38 个样方内物种统计数量的(Simpson)的多样性指数计算, 得出以上的各样方多样性指数(附表), 然而依据各样方的多样性指数作平均控制图。

通过样方控制图分析侵蚀沟阴坡上部的样方内植物种类比较多, 而 4~5 号样方的种类较少, 主要有黄蒿、铁杆蒿 1~2 种优势种组成建群种, 植物种类少, 但覆盖度仍达到

95% 以上。沟底 6 号、阳坡 7、8 号样方，种类比阴坡少，且分布均匀，覆盖度分别为 50%、80%。

十六岭阳坡的 1、8 号样方植物种类达 14 种，因个别种优势大，其它种个数少，而造成多样性指数偏小，其它各样方 D 值较高。

大岔梁(阳坡) 1, 2, 3, 8, 10 样方在上控线以上或接近上

控线。其它 4, 5, 6, 7, 9 号样方植物种较少，如裂叶委陵菜等优势突出，但总体上植被恢复比较好。而大岔梁阴坡地 1, 2, 3, 4, 5 号样方属新的退耕地，植被正在恢复过程中，主要有苦苣菜、冰草、角蒿、黄蒿，在植被恢复过程中属演替初期的植物，种类少，盖度小，同一坡面上的 6, 7, 8, 9, 10 号样方，因是隔坡植被种类较多，覆盖度达 80%~90%。

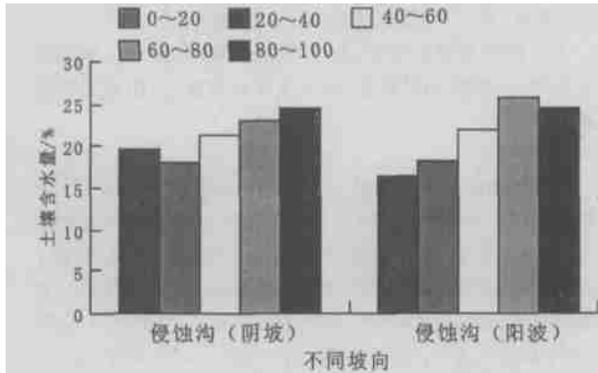


图 1 侵蚀沟不同坡向土壤含水量(7月)

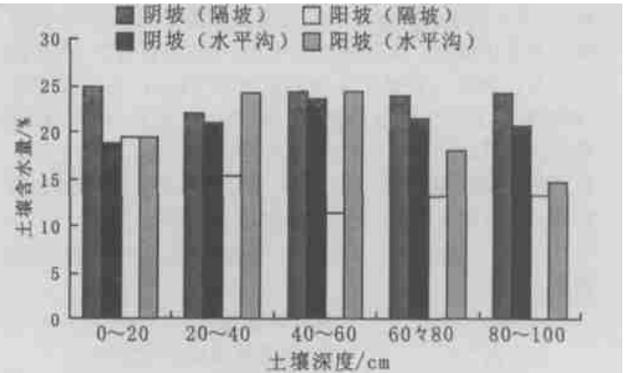


图 2 不同坡度土壤含水量(6月)

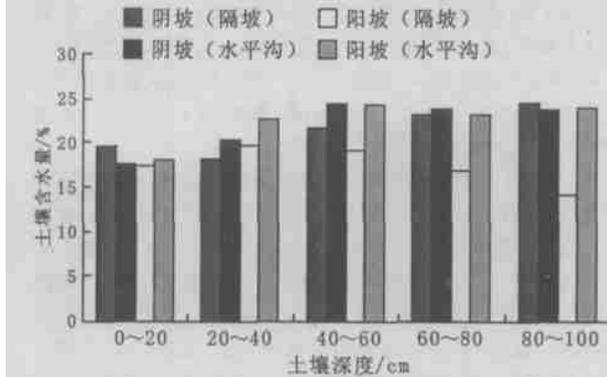


图 3 不同坡向土壤含水量(7月)

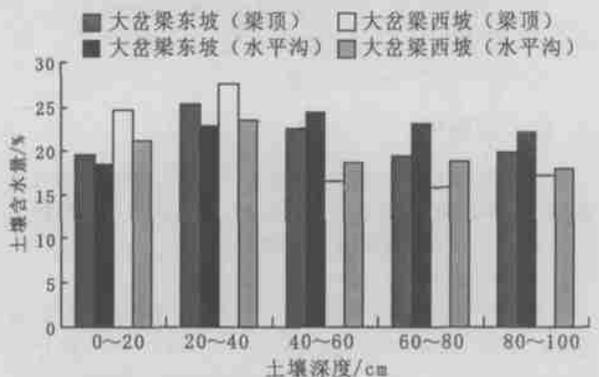


图 4 大岔梁不同坡向含水量(6月)

表 1 各样方多样性指数

样方	数量合计	$(P_i)^2$	D 值	样方	数量合计	$(P_i)^2$	D 值
侵蚀沟(阴坡)	207	0.16188	0.83811	大岔梁(阳坡)	171	0.16843	0.83157
	162	0.18114	0.81885		197	0.18836	0.81164
	134	0.25201	0.74798		106	0.22873	0.77127
	102	0.52294	0.47705		177	0.39366	0.60634
	166	0.43974	0.56025		173	0.44669	0.55331
沟底(阳坡)	98	0.27628	0.72372	168	0.32885	0.65115	
	164	0.22430	0.77570	134	0.30374	0.69626	
	106	0.29389	0.80611	123	0.19783	0.80217	
	153	0.34201	0.65779	86	0.39427	0.60573	
	167	0.20320	0.79680	58	0.25149	0.74851	
十六岭(阳坡)	61	0.16877	0.83123	大岔梁(阴坡)	53	0.51976	0.48024
	129	0.21741	0.78259		43	0.42239	0.57761
	93	0.17123	0.82877		54	0.53361	0.46639
	122	0.20330	0.79670		121	0.33761	0.66239
	106	0.15415	0.84585		78	0.43853	0.56147
87	0.29951	0.70049	164	0.30365	0.69635		
96	0.19270	0.80730	127	0.27844	0.72156		
102	0.13389	0.86611	101	0.18616	0.81384		
			67	0.10492	0.89508		
			112	0.16406	0.83594		

类水体的水质要求: COD_{Cr} 40 mg/L, BOD 10 mg/L, NH₃-N 2.0 mg/L。完全可以回用, 或作为工业用水。

4.5 技术方案的提出与分析

根据总体方案的要求以及处理对象的水质水量特征、处理目标、以及现场与场地情况, 提出如下工艺方案:

(1) 工艺流程简述。该方案处理工艺分为两个部分: 对于该校区排污口污水, 将构筑湿地作为主体, 以强化一级处理相结合工艺为预处理的技术路线, 出水达到出水的水质要求; 实现水污染治理与城市生态景观建设的有机结合。流程图如下:

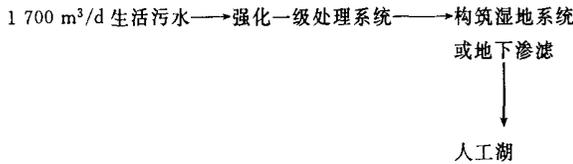


图 1 工艺流程图

为保证该校区排污口生活污水达到二级处理出水指标, 其预处理为浮动生物床强化一级处理工艺。在植物生长季节, 采用一级处理和间歇曝气运行方式, 可去除水体中约 1/3 以上的 COD, 原污水 COD 值为 240~280 mg/L, BOD₅ 值约 100~150 mg/L, SS 值约 100~160 mg/L, NH₃-N 值约 20 mg/L, 经过一级处理以后, COD 值约 180 mg/L, 可以满足构筑湿地进水的水质要求; 寒冷季节则采用污水浮动生物床强化一级处理技术, 处理设施满负荷运行, 能够减轻构筑湿地污染负荷, 是保障人工构筑湿地安全运行的重要手段之一, 污水强化处理可使出水 COD 值 120 mg/L, BOD₅ 值约 60 mg/L, SS 值约 60 mg/L。

经过浮动生物床强化一级处理后的污水进入多级构筑湿地系统, 该系统采用水力负荷与污染负荷都较高的潜流构筑湿地方式, 污水通过布水装置分别流过种植芦苇、香蒲、灯心草等挺水植物的填料床。由于采取了调整冬季运行方式与构筑湿地的温室保温措施, 出水达到《再生水回用于景观水参考文献:

[1] 孙铁珩. 城市污水土地处理技术指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
 [2] 张甲耀. 潜流型人工湿地污水处理系统的研究[J]. 环境科学, 1998, 19(4): 12-15.
 [3] 夏汉平. 人工湿地处理污水的机理和效率[J]. 生态学杂志, 2001, 4(3): 23-25.

(上接第 78 页)

5 结 语

种的丰富度、种的均匀度和种的多样性是三个相互联系的术语, 种的多样性是丰富度和均匀度的乘积, 它将两个指标合并为一个指标, 一般来说, 种的丰富度与种的多样性呈正相关, 但有时情况不尽相同, 如果仅由一种植物构成的植物群落则辛普森指数为 0, 最大则 1, 所以用辛普森指数对稀有种反应的灵敏度较小。所以常出现样方内物种多, 因每种数量少, 成为样方内的稀有种, 而个别种占绝对优势, 使辛参考文献:

[1] 李景文. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 203-220.
 [2] 高正中. 宁夏植被[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1998.
 [3] 刘灿然, 马克平. 生物群落多样性的测度方法[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 601-611.
 [4] 张晋宁, 章英方. 宁夏六盘山次生林与改造林的植物物种多样性指数分析[J]. 宁夏农林科技, 2001, (2): 11-12.

体的水质标准》(CJ/T 95-2000) 的水质要求: COD_{Cr} 50 mg/L, BOD 10 mg/L, SS 10 mg/L。流入下游段人工湖。

表 1 三种方案比较

项目	方案 1	方案 2	方案 3
工艺	浮动生物床 + 潜流湿地	浮动生物床 + 地下渗滤	浮动生物床 + 1/2 潜流湿地 / 1/2 地下渗滤
占地面积/m ²	5660	17060	11365
吨水投资/万元	1000	1300	1200
总投资/万元	170	221	204
运行费用/(元·t ⁻¹)	0.35	0.30	0.32
再生水年净收益/万元	21.71	15.51	18.61
静态投资回收期/a	2.2	2.8	2.5

4.6 三种方案比较分析

三种方案综合比较如表 1 所示:

新增污水处理规模: 1700 m²/d, 排污费: 1 元/t。

污水综合景观效果分析比较: 方案 1 占地面积较少, 在春夏秋季会形成湿地植物和花卉景观, 冬季当地上植物收割后, 景色较差, 寒冷时需要植物覆盖, 由于是潜流湿地水不渗出地面, 故不会带来卫生学方面的污染; 方案 2 占地面积较大, 一年四季绿地效果好, 处理系统完全在地下, 不影响地上景观效果。方案具以上 2 方案之间。该校园由于土地面积限制, 为此本设计选择方案 1。

5 结论与建议

本工艺充分利用自然生态系统的净化功能, 再生水可长期用于补充校园人工湖等景观(传统方法无法达到)。本项目的实施, 具有污水处理和资源化利用、生态景观建设和生态环境保护示范等多重功效, 对于营造亲水文化氛围, 加强生态文化建设, 实现环境、经济和社会的可持续发展, 具有十分重要的意义。

普森指数 *D* 值偏小。

调查区的生物多样性演替是退耕还林、还草、保护封育的情况下, 土地利用的改变, 对外界环境有强烈的改造作用, 小气候环境的形成, 使群落物种得以生长、生存, 物种的多样性增加, 群落的相对稳定性提高, 这些都属初期发展中的进度演替, 如果始终坚持当前的退耕还林、封山育林、保持水土的政策, 那不久的将来该地区将恢复成稳定的黄土高原原有的干草原植被类型。