

黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落优势种 对显著影响因子的响应

范变娥¹, 焦菊英^{2,3}, 张桂英^{2,3}

(1. 西安市农业科学研究所, 陕西 西安 710061; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 根据在黄土高原丘陵沟壑区具有代表性的安塞县退耕地植被样方的调查资料, 利用 TW INSPAN 对退耕地植物群落的类型及其优势种进行了确定, 即退耕地植物群落主要有猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*) 为优势种的群落、达乌里胡枝子 (*Lespedeza davurica*) 和长芒草 (*Stipa bungeana*) 为优势种的群落、铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*) 为优势种的群落和白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*) 为优势种的群落。典范对应分析 (Canonical Correspondence Analysis) 得出: 显著影响黄土高原丘陵沟壑区退耕地物种变化的主要因子为退耕年限、全磷、速效磷和土壤水分。结合物种生活型特征, 认为白羊草和达乌里胡枝子在黄土高原丘陵沟壑区具有较强的适应性, 可作为退耕地的适宜引种物种, 以调控和加速植物群落演替, 控制土壤侵蚀。

关键词: 植物群落; 优势种; 物种响应曲线; 退耕地; 黄土丘陵沟壑区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)06-0004-06

中图分类号: S718.54

Response of Dominant Species of Vegetation Communities to Significant Effecting Factors in Abandoned Croplands on the Hilly-gullied Loess Plateau

FAN Bian-e¹, JIAO Ju-ying^{2,3}, ZHANG Gui-ying^{2,3}

(1. Xi'an Institute of Agriculture Science, Xi'an, Shaanxi 710061, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on observation of vegetation quadrates of abandoned farmlands in Ansai, a loess region of hills and gullies, vegetation communities and their dominant species were ascertained through TW INSPAN. Results show that there are mainly 4 vegetation communities: *Artemisia scoparia* dominated community, *Lespedeza davurica* and *Stipa bungeana* dominated community, *Artemisia gmelinii* dominated community, and *Bothriochloa ischaemum* dominated community. The Canonical Correspondence Analysis reveals that the year since abandonment, total phosphorus, exchangeable phosphorus and soil water content are important factors significantly effecting the variation of species in abandoned croplands. Along with the life-form characteristics, it is considered that *Bothriochloa ischaemum* and *Lespedeza davurica* have strong adaptation to site conditions, and could be the proper introducing species in abandoned croplands to accelerate and direct vegetation community succession and control soil erosion on the hilly-gullied loess plateau.

Keywords: vegetation community; dominant species; species response curve; abandoned cropland; hilly-gullied loess plateau

退耕后植被恢复方式包括自然恢复、人为恢复及二者的结合。然而, 人工植被在黄土高原大面积上效果不佳, 致使人们对林草措施的水土保持效益产生了怀疑^[1]。究其原因主要在于人工植被消耗大量的水分, 形成土壤干层和“小老头”树, 以致于经济效益和

生态效益都很低的现实。在黄土丘陵沟壑区 2 m 以下土层的土壤水一旦耗用, 就难以补充^[2], 而目前主要的造林树种可利用 9—10 m 土层的土壤水资源^[3]。土壤干层问题是气候干旱化与植被强烈耗水量综合作用的结果, 但人工植被被激发并强化了土壤干层的形

收稿日期: 2005-10-15

修稿日期: 2006-06-16

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); “黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复与土壤环境的互动效应”(40271074)

作者简介: 范变娥(1964—), 女(汉族), 陕西省蒲城县人, 高级农艺师, 从事生态农业研究。E-mail: fbe2006@126.com。

通讯作者: 焦菊英(1965—), 女(汉族), 博士, 研究员。从事水土保持环境效应评价研究。E-mail: jyjiao@ms.iswc.ac.cn。

成^[4]; 土壤干层的存在确实有着由人工草地重新变成光山秃岭的潜在危险^[5]。植被的自然恢复, 则以其代价小, 生态效应大而越来越受到人们的重视^[6]。在原始植被完全破坏了的黄土高原, 植被的自然恢复是生态环境重建的最好策略^[7]。坡耕地退耕后自然恢复植物群落的组成、优势种, 及其对影响因子的响应特征, 对人工干预退耕地植被恢复向理想的方向发展具有非常重要的参考价值。为此, 依据在黄土高原丘陵沟壑区安塞县的样方调查数据, 通过植被分类与排序的方法, 来探讨黄土高原退耕地自然恢复植被过程中主要优势种及其对影响因子的响应情况, 为该地区因地制宜地加快退耕地植被演替提供理论依据。

1 研究地区与方法

1.1 研究区概况

研究区为处于典型梁峁状丘陵沟壑区的陕西省北部安塞县, 位于 $105^{\circ}51'44''$ — $109^{\circ}26'18''$ E, $36^{\circ}22'40''$ — $36^{\circ}32'16''$ N, 海拔高度变化在 997~1731 m。安塞县属暖温带半干旱气候区, 年平均降水量 500 mm 左右, 年平均蒸发量 1000 mm, 无霜期 160~180 d, 年日照时数 2352~2573 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2866 $^{\circ}\text{C}$, 年均气温 8.9°C ^[8]。处于暖温带森林草原区, 天然森林已全遭破坏, 人工林以刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨 (*Populus Simonii*)、柠条 (*Caragana intermedia*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 为主; 荒坡主要为铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*)、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, 多数荒坡因过度放牧成为退化草地^[9]。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^[10]。

1.2 样地调查

对不同退耕年限自然恢复的植物群落、及其土壤、地形等环境特征进行了调查与采样(2003年7月), 共调查样地 33 个。植被样方大小为 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$, 调查内容包括植物的种类、盖度、数量、高度、地上生物量和频度等。物种盖度采用目测法; 物种出现的频度是在样方周围选择 10 个 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方来调查不同物种出现的数量; 主要物种地上部分生物量的测定是沿样地对角线采取 1/4 样称重, 并取一定比例的样品放入纸袋, 在 80°C 恒温下经 12 h 烘至恒重, 以获取生物量干重。

同时, 用 GPS 对调查样方进行了定位, 对样地的坡度、坡向、坡位、海拔高度等情况进行了观测调查。调查的样方分布在 $36^{\circ}44'$ — $37^{\circ}9'$ N, $109^{\circ}4'$ — $109^{\circ}20'$

E 的区域内, 海拔高度变化在 1115~1392 m 之间, 坡度在 3° ~ 37° 之间, 退耕年限变化在 1~40 a 之间(退耕年限通过询问当地的村长、长者及土地使用者得到)。

1.3 土壤样品分析^[11-12]

采集 0—20 cm 的土样用于土壤分析, 每个样点按 S 形采样混合, 样品风干后分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛孔。土壤有机质的测定采用重铬酸钾 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 容量法—外加加热法; 全 N 采用半微量开氏法 (K_2SO_4 — CuSO_4 —Se 蒸馏法); 全 P 采用钼锑抗比色法 (HClO_4 — H_2SO_4 法); 有效 N 采用碱解扩散法 (康惠法); 速效 P 采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠 (NaHCO_3) 浸提—钼锑抗比色法; 速效 K 采用原子吸收光谱法 (NH_4OAc 浸提法); pH 值采用电位法。

用环刀法测定了土壤的容重; 利用土钻法对 0—500 cm 土层的土壤水分进行调查, 每隔 20 cm 取样, 采用烘干法测定土壤水分含量。

1.4 统计分析

利用 VESPAN ④for windows NT/95 软件, 采用 TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis) 分类, 以物种盖度作为样地的物种信息, 分为 6 级: 0.1%~4.0%, 4.1%~10%, 10.1%~25%, 25.1%~33%, 33.1%~50%, 50.1%~100%^[13], 即分割水平为 0.1%, 4.1%, 10.1%, 25.1%, 33.1% 和 50.1%, 来确定退耕地的植物群落及其优势种。然后, 利用 CANOCO for windows version 4.5 软件, 采用典范对应分析 (Canonical Correspondence Analysis: CCA), 分析优势物种与影响因子的对应关系, 在 $p < 0.05$ 的显著水平上, 探明显著影响物种变化的主要因子, 并利用“Monte Carlo permutation test”来检验 CCA 排序轴特征值的显著性, 采用的置换次数为 999。最后, 利用 CanoDraw version 4.0 软件, 采用物种响应曲线, 选择广义线性模型 (Generalized Linear Models) 的泊松分布 (Poisson distribution) 和二次曲线 (Quadratic degree), 来分析优势物种对其主要影响因子的响应特征^[14]。

2 结果与分析

2.1 退耕地的植物群落和优势种

TWINSpan 将植被样方划分为 4 个植物群落。群落 1 以猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*) 为优势种的群落, 群落 2 以达乌里胡枝子 (*Lespedeza davurica*) 和长芒草 (*Stipa bungeana*) 为优势种的群落, 群落 3 以铁杆蒿为优势种的群落 (*Artemisia gmelinii*), 群落 4 以白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*) 为优势种的群

落。在第一级分类水平上,划分出了群落 4;第二级分类水平上,划分出了群落 1;在第三级水平上划分开群落 2 和群落 3(图 1)。即在三级分类水平上,可分出 4 个主要植物群落和 5 个优势种。

群落 1 的优势种猪毛蒿,为 1a 生蒿类,可产生大量较广泛传播的种子进行繁殖再生^[15],在群落中出现的盖度平均为 16.1%。群落 2 的优势种达乌里胡枝子,为多年生豆科小灌木,再生途径为产生大量可广泛传播的种子^[15],在群落中的盖度平均 32.9%;优势种长芒草则为多年禾本科,具有植株繁殖和持久稳定的土壤种子库,盖度平均 15.3%。群落 3 的优势种铁杆蒿,为多年生蒿类小灌木,可产生大量广泛传播种子^[15],盖度平均 26.0%。群落 4 的优势种白羊草,为多年生禾本科,具有侧根繁殖和永久土壤种子库^[15],在群落中的盖度平均 59.3%。这些优势种在各自的群落中出现的频率平均在 80% 以上,而白羊草、达乌里胡枝子和猪毛蒿分别在群落 4、群落 2 和群落 1 中的出现频率平均在 95% 以上。猪毛蒿和

铁杆蒿的植株较高,平均分别为 0.45 m 和 0.49 m,达乌里胡枝子和白羊草分别为 0.33 m 和 0.29 m,长芒草较低,为 0.18 m。由于长芒草的高度低,从而在群落中的重要值、地上部分生物量都相对较低。白羊草在群落 4 中的重要值和地上部分生物量相对较高(表 1)。

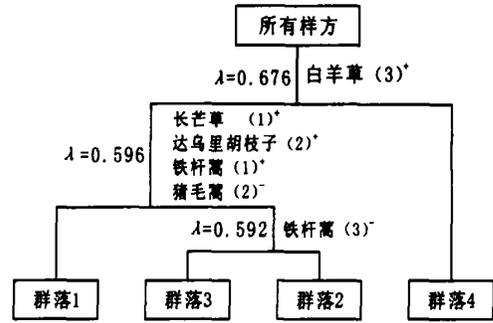


图 1 样方的 TWINSpan 分类树状图
λ 为特征值; n 为样方数; + 表示正指示种;
- 表示负指示种; () 内的数字表示分级水平

表 1 植物群落优势种的特征(平均值)

优势种	群落	盖度/ %	频度/ %	高度/ m	重要值	地上生物量/ ($g \cdot m^{-2}$)
猪毛蒿	1	16.1	96.2	0.45	99.4	35.7
达乌里胡枝子	2	32.9	96.4	0.33	88.4	42.7
长芒草	2	15.3	87.0	0.18	59.1	6.1
铁杆蒿	3	26.0	80.0	0.49	104.1	28.3
白羊草	4	59.3	100.0	0.29	125.9	55.2

注: 重要值= 相对盖度+ 相对频度+ 相对高度。地上生物量为干重。

2.2 影响植物物种变化的显著因子

用于 CCA 分析的影响因子有退耕年限, 土壤有机质, 全氮, 全磷, 有效氮, 速效磷, 速效钾, pH, 土壤水分(0—200 cm 土层和 200—500 cm 土层), 土壤容重, 坡度, 坡向和坡位。坡向和坡位采用虚变数(dummy variable), 坡向变量分为 8 类: S(南), SE(东南), E(东), NE(东北), N(北), NW(西北), W(西), 和 SW(西南)。坡位分为 3 类: 坡上、坡中和坡下。土壤水分因子的选择是基于年降雨下渗深度在 2 m 以上^[16], 所以在分析中选择 0—200 cm 和 200—500 cm 土层的土壤水分含量作为土壤水分因子。

CCA 的分析结果表明, 排序轴 1 解释了 20.6% 的植物物种变化, 与影响因子之间的相关系数为 0.830, 即解释了植物物种与影响之间关系的 46.1%。排序轴 2 进一步解释了 14.3% 的植物物种变化, 与影响因子之间的相关系数为 0.745, 解释了植物物种与影响因子之间关系的 32.1%, 即排序轴 1 和排序轴 2 解释了 78.2% 的植物物种与影响因子之间的关系(表 2)。在 $p < 0.05$ 的显著水平上, 退耕年限、全

磷、速效磷和 0—200 cm 土层的土壤水分含量是影响退耕地植物物种变化的主要影响因子(图 2)。

表 2 CCA 的排序结果

结果信息	排序轴 1	排序轴 2	排序轴 3	排序轴 4
特征值	0.547	0.381	0.188	0.071
物种与环境间的相关系数	0.830	0.745	0.544	0.665
物种数据变化的累积比例	20.600	34.900	42.000	44.700
物种与环境关系变化的累积比例	46.100	78.200	94.100	100.000
特征值总和	2.658			
典范特征值总和	1.187			

2.3 群落优势种对显著影响因子的响应特征

图 3—6 为群落优势种分别对主要显著影响因子即退耕年限、全磷、速效磷和土壤水分的响应曲线。可以看出, 群落 1 优势种猪毛蒿对退耕时间的最大响

应值出现在退耕后 5 a 左右, 对土壤水分响应的峰值出现在 8.5% 左右, 对速效磷的响应峰值在 2.0 mg/kg 以上, 对全磷的响应峰值为 0.513 g/kg 左右。群落 2 的优势种达乌里胡枝子对退耕时间的最大响应值出现在退耕后 30 a 左右, 对土壤水分响应的峰值时出现在 5.5% 左右, 对速效磷的响应峰值在 1.26 mg/kg 左右, 对全磷的响应峰值为 0.564 g/kg; 优势种长芒草对退耕时间的最大响应值出现在退耕后 20 a 左右, 对速效磷的响应峰值在 0.66 mg/kg 左右, 对全磷的响应峰值为 0.595 g/kg。群落 3 的优势种铁杆蒿对退耕年限的最大响应值出现在退耕后 28 a 左右, 对土壤水分的响应峰值出现在 20.5%, 对速效磷的响应峰值在 0.869 mg/kg, 对全磷的响应峰值出现在 0.7 g/kg 以上。群落 4 的优势种白羊草对退耕年限的最大响应值出现在退耕后 30 a 左右, 对土壤水分的响应峰值出现在 5.93% 左右, 对速效磷的响应峰值为 0.699 mg/kg, 对全磷的响应峰值在 0.5 g/kg 以下。

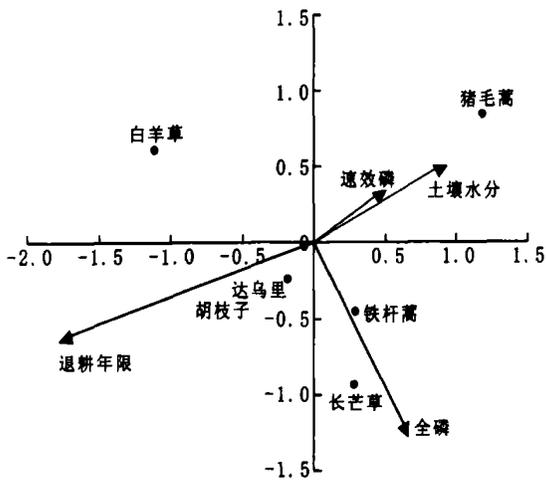


图 2 退耕地群落优势种的 CCA 二维排序图 (第一排序轴和第二排序轴)

由这些物种对退耕年限、全磷、有效磷和土壤水分的响应结果可以看出, 猪毛蒿出现在新近退耕的坡地上, 在 5 a 左右的出现最为丰富, 10 a 后慢慢消失; 长芒草在退耕后的 15~ 25 a 出现盖度大, 达乌里胡枝子、铁杆蒿和白羊草则在 20~ 35 a 出现的盖度较大。相比之下, 猪毛蒿出现在速效磷和土壤水分含量较高、全磷含量较低的坡地上; 达乌里胡枝子出现在全磷、速效磷和土壤水分含量中等的坡地上; 长芒草生长在全磷中等、速效磷和土壤水分含量较低的坡地上; 铁杆蒿出现在全磷、土壤水分含量较高, 速效磷较低的坡面上; 白羊草生长在全磷、速效磷含量较低、土壤水分中等的坡面上。

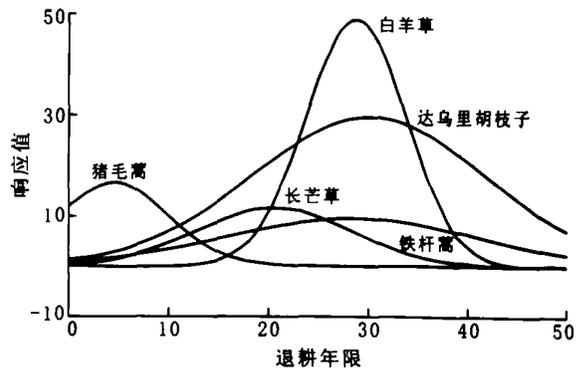


图 3 优势种对退耕年限的响应曲线

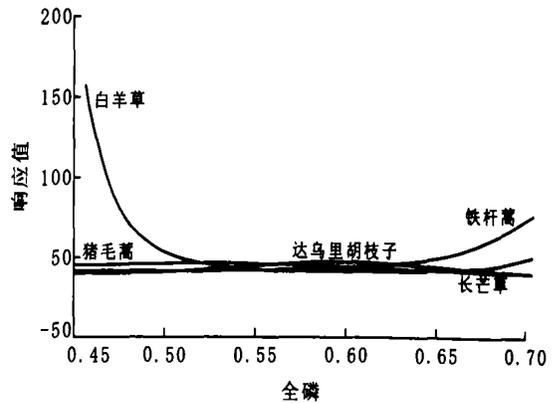


图 4 优势种对全磷的响应曲线

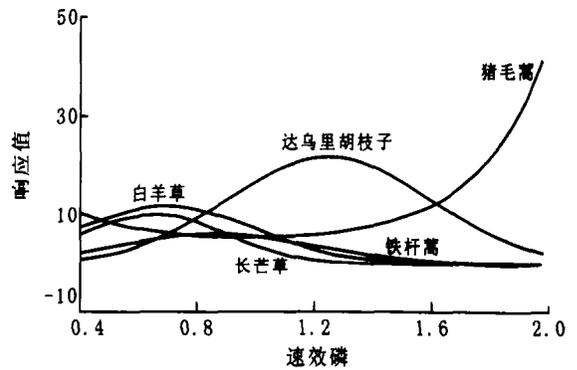


图 5 优势种对速效磷的响应曲线

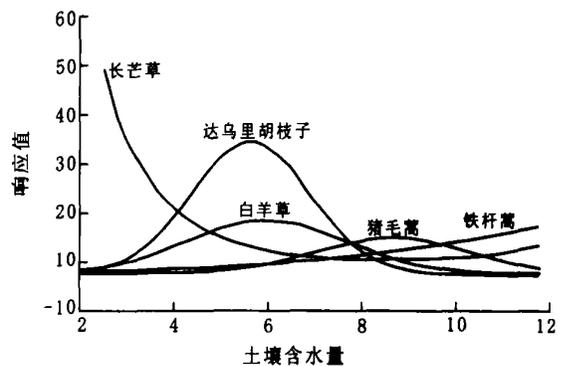


图 6 优势种对土壤水分的响应曲线

3 结 论

(1) 根据 TWINSpan 的分析结果,黄土高原退耕地自然恢复植被大致可分为 4 个群落:猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*) 为优势种的群落、达乌里胡枝子 (*Lespedeza davurica*) 和长芒草 (*Stipa bungeana*) 为优势种的群落、铁杆蒿 (*Artemisia gmelini*) 为优势种的群落和白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*) 为优势种的群落。

(2) 依据 CCA 排序,显著影响植物变化的主要因子为退耕年限、全磷、速效磷和土壤水分。在干旱半干旱地区,土壤水分对植物的有效性是影响植物生产力、分布异质性和生活型的一个决定性因子^[17-19]。磷素在许多土壤类型中是一个限制性因子^[20-25],对决定生物产量和植物组成都是非常重要的^[21]。黄土高原丘陵沟壑区退耕地 0—200 cm 土壤水分含量的变化在 4.1%~11.3% 之间,平均 7.6%;黄绵土的凋萎湿度为 3%~4%,最大田间持水量为 20%~23%^[26]。可见,黄土高原退耕地 0—200 cm 土层的土壤水分含量处于凋萎湿度与 1/2 最大田间持水量之间,对于植被恢复来说处于严重不足的状态^[27]。土壤磷素含量在很大程度上决定于土壤母质的矿物组成和土壤质地,黄土母质的土壤磷素是缺乏的^[24]。因此,土壤水分含量和土壤磷素水平是黄土高原丘陵沟壑区植被恢复的 2 个非常重要的限制性因子。

(3) 选择适宜的物种来调控和加速植物群落的演替在生态恢复中非常的重要。适宜的物种应具有如下特征: ① 在当地条件下具有竞争力,即能抵抗水分和养分的胁迫^[17]; ② 具有较大根冠比的多年生植物^[28]; ③ 能产生足够的具有生命力的种子^[29]; ④ 能通过种子进行传播,并具有永久种子库^[30]。群落 2, 3, 4 的优势种均为具有风力传播种子的多年生植物,达乌里胡枝子和铁杆蒿可产生大量广泛传播的种子,长芒草和白羊草具有侧根繁殖,同时可形成永久土壤种子库。根据这些物种的响应曲线,铁杆蒿出现在土壤水分和全磷相对较高的地方,相比之下,达乌里胡枝子在中等土壤水分和全磷水平时的响应值最大,并且在退耕地演替过程中是高频率出现的物种(在调查样方中的出现率为 94.0%)。同时,达乌里胡枝子是一种美味且耐践踏的牧草^[31]。白羊草在中等的土壤水分和较低全磷水平时具有的响应值,同时,白羊草为 C4 植物,水分利用效率高^[15],它的根系具有防止土壤侵蚀的功能,并具有较强的侧根繁殖和永久土壤种子库,白羊草也是一种美味且耐践踏的牧草^[32],在实地调查过程中也发现白羊草出现在退耕

5 a 的坡地上。可见,白羊草和达乌里胡枝子的生活型特征及其对影响因子的响应说明了它们在黄土高原丘陵沟壑区具有较强的适应性,可作为退耕地的适宜引种物种,以调控和加速植物群落的演替,控制土壤侵蚀。

致谢: 承蒙中国科学院安塞水土保持生态试验站提供野外工作条件,温仲明、焦锋、徐朗然、马祥华、白文娟、卜耀军、赫晓惠和史婉丽等同志参与了野外调查工作,伦敦帝国理工大学的 Jonathan Mitchley 和 Joseph Tzanopoulos 为本文的分析提供了帮助,在此特表感谢。

[参 考 文 献]

- [1] 周佩华. 水土保持减少黄河泥沙效益的有关问题[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 封面 2.
- [2] 张信宝. 黄土高原植被建设的科学探讨和建议[J]. 中国水土保持, 2003(1): 17.
- [3] 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.
- [4] 李裕元, 邵明安. 黄土高原气候变迁、植被演替与土壤干层的形成[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15(1): 73—77.
- [5] 侯庆春, 韩蕊莲, 韩世峰. 黄土高原人工草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持, 1999(5): 11—14.
- [6] 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.
- [7] Zheng F L. Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau[J]. Pedosphere, 2006, 16(4): 420—427.
- [8] 高旺盛, 董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价——以安塞县为例[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 182—188.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 1—388.
- [12] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[J]. 北京: 科学出版社, 1984. 1—457.
- [13] Rodwell J S. British Plant Communities. Volume 1[M]. Cambridge University Press, 1991. 3—13.
- [14] Ter Braak C J F, Smilauer P. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide, Software for Canonical Community Ordination (version 4.5) [M].

- Biometris, Wageningen and Česk Bud jovice, 2002. 1—500.
- [15] Wang G H. Differences in leaf $\delta^{13}\text{C}$ among four dominant species in a secondary succession sere on the Loess Plateau of China[J]. *Photosynthetica*, 2003, 41: 525—531.
- [16] 孙长忠, 黄宝龙, 陈海滨, 等. 黄土高原人工植被与其水分环境相互作用关系研究[J]. *北京林业大学学报*, 1998, 20(3): 7—14.
- [17] Diaz S, Hodgson J G, Thompson K, et al. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents[J]. *Journal of Vegetation Science*, 2004, 15: 295—304.
- [18] Snyman H A. Short-term response of rangeland botanical composition and productivity to fertilization (N and P) in a semi-arid climate of South Africa[J]. *Journal of Arid Environments*, 2002, 50: 167—183.
- [19] Noy-Meir I. Desert ecosystems: environment and producers[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 25—52.
- [20] Janssens F, Peeters A, Tallowin J R B, et al. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity [J]. *Plant and Soil*, 1998, 202: 69—78.
- [21] Kirkham F W, Mountford J O, Wilkins R J. The effects of nitrogen, potassium and phosphorus addition on the vegetation of a somerset peat moor under cutting management[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33: 1013—1029.
- [22] Oomes M J M, Ol H, Altena H J. Effects of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamics and vegetation change in a wet grassland[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33: 576—588.
- [23] Willems J H, Peet R K, Bik L. Changes in chalk grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1993, 4: 203—212.
- [24] 王国梁, 刘国彬, 许明祥. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J]. *水土保持通报*, 2001, 22(1): 1—5.
- [25] Ye X J, Wang Z Y, Tu S H, Sulewski G. Nutrient Limiting Factors in Acidic Vegetable Soils[J]. *Pedosphere*, 2006, 16(5): 624—633.
- [26] 胡定宇. 土壤学[M]. 杨凌: 天则出版社, 1992. 179—182.
- [27] 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 190—297.
- [28] 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.
- [29] Ross C. Native seed collection and use in arid land reclamation: A low-tech approach[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2004, 99: 267—274.
- [30] Bossuyt B, Hermy M. The potential of soil seedbanks in the ecological restoration of grassland and heathland communities[J]. *Belgian Journal of Botany*, 2003, 136: 23—34.
- [31] 夏亦莽, 苏加楷, 熊德邵. 二色胡枝子和达乌里胡枝子若干生物学特性和营养成分的分析[J]. *草业科学*, 1990, 7(1): 9—14.
- [32] 骆东玲, 张金屯, 陈林美. 白羊草群落优势种群生态位研究[J]. *山西大学学报(自然科学版)*, 2003, 26(1): 76—80.

欢迎订阅 2007 年《草地学报》

《草地学报》是中国科协主管、中国草学会主办、中国农业大学草地研究所承办的学术刊物, 是了解草地科学前沿科技、创新成果和草业发展的重要窗口。主要刊登国内外草地科学研究及相关领域的新成果、新理论、新进展, 以研究论文为主, 兼发少量专稿、综述、简报和博士论文摘要, 主要面向从事草地科学、草地生态、草地畜牧业和草坪业及相关领域的高校师生和科研院所、站的科研人员。稿件要求详见本刊《稿约》。

《草地学报》为“中国科技核心期刊”, 《中国科学引文数据库(CSCD)》、《中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)》源期刊, 同时为《中国核心期刊(遴选)数据库》、《万方数据—数字化期刊群》、《中国期刊全文数据库(CJFD)》、《中国学术期刊文摘》、《中国生物学文摘》、《中国生物学文献数据库》、《CEPS 中文电子期刊》收录, 并荣获首届《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊奖。2005 年度《草地学报》影响因子为 0.938, 在所属畜牧兽医学科中排名第二。

《草地学报》2007 年改为双月刊, 逢单月 20 日出版, 国内外公开发行人, 每期定价 15 元, 全年 90 元。国内邮发代号: 80—135; 国外代号: Q1949。若错过邮订时间, 可直接向本刊编辑部订购。

联系地址: 北京市海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学《草地学报》编辑部

邮政编码: 100094

电话: 010—62733894 62732754

E-mail: cdxb@cau.edu.cn

http://www.cau.edu.cn/dongke/cdx b