

# 人工干扰对三峡库区柏木人工林下 植物物种多样性的影响

黄志霖<sup>1</sup>, 田耀武<sup>1,2</sup>, 王俊青<sup>3</sup>, 雷静品<sup>4</sup>

(1. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 2. 河南科技大学, 河南 洛阳 471003;  
3. 湖北省襄樊市林科所, 湖北 襄樊 441000; 4. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

**摘 要:** 为研究不同干扰模式(间伐, 间伐+补植)对三峡库区云阳县长江防护林带植物多样性的影响, 根据云阳县柏木人工林区高等维管植物调查数据, 采用 Simpson 指数、Shannon 指数和 Pielou 均匀度指数等进行  $\alpha$  多样性测度分析。结果表明: 不同间伐和补植等干扰模式均改变了柏木林生境, 对柏木林林下高等维管植物多样性产生了较大影响, 植物种类和数量均发生了变化, 植物种类平均高出对照 2~3 倍; 与对照相比, 随着干扰模式的变化, 灌木层多样性指数发生了不规则变化, 草本层多样性指数呈明显增加趋势。

**关键词:** 柏木人工林; 干扰模式; 植物物种多样性; 三峡库区

中图分类号: S718

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0132-04

## Effects of Patterns of Disturbance on Plant Species Diversity of *Cupressus funebris* Plantations in Three Gorges Reservoir Area

HUANG Zhilin<sup>1</sup>, TIAN Yaowu<sup>1,2</sup>, WANG Junqing<sup>3</sup>, LEI Jingpin<sup>4</sup>

(1. Research Institute of Forest Ecology Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China; 3. Research Institute of Forestry, Xiangfan, Hubei 441000, China; 4. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** In this paper, we studied the influence of disturbance patterns (thinning and thinning+ replanting) on the species diversity of understory plants in *Cupressus funebris* plantations in the Yangtze River Forest Farm in Yunyang County, Three Gorges Reservoir area. Investigations were conducted by establishing 325 sample plots in the different experimental sites. Diversity of different patterns (T0, T1, T2, T3, T4, T5 and T6) was surveyed by sample plot method in summer in 2008. Based on the calculations of  $\alpha$ -diversity such as Simpson index, Shannon index and Pielou index, we analyzed the species diversity of different models in *C. funebris* plantations. The results showed that anthropogenic disturbances had altered the light conditions of understory, improved the growth of vegetation, and impacted obviously the species diversity of higher vascular plants. There were 2~3 times species in all of the models plantations more than those of in the control plantations. According to control plantations, the diversity of shrub layer was different with different models, but the diversity of plant species of herbaceous layer was significantly higher in *C. funebris* plantations with different models than those in the control plantations.

**Key words:** *Cupressus funebris* plantation; disturbance pattern; plant species diversity; Three Gorges Reservoir area

人工生态系统中生物多样性的研究和保护逐渐引起人们的重视<sup>[1]</sup>。一些针叶人工林, 在林分郁闭后由于限制了林下其他植物的生长, 生物多样性明显下

降, 不能满足健康生态系统中物种多样性的要求。这不仅影响林分生长, 导致病虫害发生, 还给森林生态系统的稳定发展带来严重危害, 而保护和恢复森林生

收稿日期: 2010-12-24

修回日期: 2011-02-15

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(CAFYBB2007010)

作者简介: 黄志霖(1966-), 男, 河南人, 博士, 主要从事森林生态学研究。E-mail: hzlin66@163.com

通信作者: 田耀武(1975-), 男, 河南人, 博士, 研究方向为遥感与污染生态学。E-mail: tianyaowu@126.com

物多样性则能有效地控制和解决这些问题<sup>[2-3]</sup>。有关人工林的研究主要集中在人工林的经济效益、生态效益、生物量和生产力等方面<sup>[4-5]</sup>, 生物多样性研究较为薄弱<sup>[6-7]</sup>。干扰创造生境异质性, 并导致群落的生物多样性发生变化<sup>[8-9]</sup>。同时, 生物多样性变化以及群落演替过程与物种多样性之间关系的研究成为许多学者关注的内容<sup>[10-12]</sup>。

重庆市云阳县柏木(*Cupressus funebris*)人工林区属长江防护林带, 造林于 20 世纪 60 年代, 现有林地 0.4 万  $\text{hm}^2$ , 是三峡库区腹心地带的一条绿色风景线, 对水源涵养、水土保持、小气候调节起到过一定的积极作用<sup>[1]</sup>。但由于林分密度过高, 林下植物物种稀少, 生物多样性破坏, 病虫害较为严重, 部分林木干梢甚至枯死, 森林的水土保持等生态防护功能下降。2004 年云阳县长江林场建立了柏木林更新改造实验区, 通过采用间伐和补植方式, 调整树种组成和林分密度, 研究不同干扰模式下的柏木人工林林分生长状况, 林分的物种多样性, 以期对柏木林更新改造提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究地位于重庆市云阳县长江林场, 地理位置  $30^{\circ}35' \text{N}$ ,  $41^{\circ}50' \text{E}$ , 海拔 250~ 800 m。年平均气温  $17.4^{\circ}\text{C}$ , 极端高温  $42.9^{\circ}\text{C}$ , 极端低温  $-0.6^{\circ}\text{C}$ , 年均日

照 1 336.5 h, 年均降水量 1 100 mm, 无霜期 304 d, 相对湿度 75%, 地形为低山, 坡度  $25^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。土壤主要为由紫色页岩、砂岩、砂质页岩、石灰岩等发育而成的紫色土, pH 值 6~ 8, 现有的柏木人工纯林郁闭度 0.60~ 0.85, 平均树高 7.6 m, 平均胸径 8 cm。

1.2 研究方法

1.2.1 干扰模式设置 2004 年 2 月于重庆市云阳县长江林场百果园建立生境大致相同的实验地, 在实验地内设置 T0、T1、...、T6 等 7 类干扰模式样地: T0, 对照样地, 面积  $30 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ , 株数密度 1 300~ 1 350 株/  $\text{hm}^2$ ; T1~ T6 模式设置的条带数、面积、补植改造方式等详见表 1。2004 年 1 月、2006 年 1 月在 T1~ T6 各样带内实施高强度间伐, 株数保留密度 300~ 350 株/  $\text{hm}^2$ 。2004 年 3 月在 T5 间伐带内栽植 1 年生刺桐(*Erythrina variegata*), 密度  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ; 在 T6 间伐带内栽植 1 年生刺桐、刺槐(*Robinia pseudoacacia*) 和桤木(*Alnus cremastogyne*), 每 20 m 间隔混交, 栽植密度  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 。

1.2.2 植物物种多样性调查 2008 年 8 月, 在 7 类干扰模式样地内分别设置 5 个  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  大样方, 每个大样方内等距离设置 5 个的  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  灌木调查样方, 在每一灌木调查样方内用对角线法设 1 个  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  的草本调查样方, 除去不符合要求的样方外, 最后得到 325 个(灌木 163 个, 草本 162 个)调查样方。调查内容包括植物物种的种类、盖度、高度和频度。

表 1 柏木林实验区不同干扰模式的设置

干扰模式	条带数/ 条	条带面积/( $\text{m} \times \text{m}$ )	密度/( 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ )	补植改造方式
T 0	1	$30 \times 50$	1300~ 1350	-
T 1	5	$10 \times 50$	300~ 350	间伐
T 2	5	$15 \times 50$	300~ 350	间伐
T 3	5	$20 \times 50$	300~ 350	间伐
T 4	5	$25 \times 50$	300~ 350	间伐
T 5	5	$30 \times 50$	300~ 350	间伐并栽植 1 年生刺桐
T 6	5	$30 \times 50$	300~ 350	间伐并栽植 1 年生刺桐、刺槐和桤木

1.2.3 数据处理与多样性指数计算

(1) 物种重要值  $P_i$ 。

$$P_i = (\text{相对盖度} + \text{相对密度} + \text{相对频度}) / 3 \quad (1)$$

植物物种相对盖度、相对密度和相对频度值为每种干扰模式下该物种其值之平均值。

(2) 物种丰富度  $S$ 。

$$S = \text{样地中的物种总数} \quad (2)$$

物种多样性指数采用 Simpson 指数 (SP) 和 Shannon- Wiener 物种多样性指数 (SW) 指数计算:

$$SP = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (3)$$

$$SW = - \sum_{i=1}^S \ln P_i \quad (4)$$

(3) 均匀度指数采用 Pielou 指数  $J_{sw}$ 。

$$J_{sw} = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S \quad (5)$$

(4) 优势度指数采用 Alatalo 指数 AL。

$$AL = [1 / \sum (P_i)^2 - 1] / [\exp(- \sum P_i \ln P_i - 1)] \quad (6)$$

式中:  $S$  ——每种干扰模式下的灌木或草本植物物种总种数;  $P_i$  ——第  $i$  种物种的重要值。

2 结果与分析

2.1 群落物种的重要值及其组成

2.1.1 灌木层物种重要值及其组成 T0 灌木层植物种类有 11 种 (图 1), 占群落总种数的 73%, 重要值最大的是黄栌 (*Cotinus coffraria*) (0.279), 其余依

次为岩茵子树(*Wikstriemia micrantha*) (0.153)、地瓜藤(*Caucis ficitickoucase*) (0.145)、化香(*Platycarya strobilacea*) (0.141); T1 灌木层植物种类有 11 种, 占群落总种数的 61.11%, 重要值最大的为黄栌(0.361), 其余较大的为月月青(*Ztea ilicifolia*) (0.204)和岩茵子树(0.161), 而金丝桃(*Hypericum chinense*)、马桑(*Coriaria sinica*)、黄荆(*Vitexnegundo*)等重要值较小。黄栌、月月青、岩茵子树为优势种, 金丝桃、马桑、黄荆等为伴生种; T2 灌木层植物物种有 10 种, 占群落总种的 50%。重要值最大的为黄栌(0.401), 其他依次为金丝桃(0.149)、岩茵子树(0.11)、马桑(0.209)等, 黄栌依然是本层优势种, 金丝桃、马桑、岩茵子树与黄栌组成共优种; T3 植物物种有 22 种, 占群落总种数的 59.4%, 其中黄栌的重要值(0.435)明显大于其他物种, 为本层优势种, 其次为黄荆、金丝桃, 与黄栌组成共优种; T4 植物有 22 种, 占群落总种数的 62.9%, 黄栌重要值最大(0.393), 是本层的优势种, 其他岩茵子树、黄荆、金丝桃等为伴生种; T5 灌木层植物有 21 种, 占群落总种数的 67%, 重要值最大的为马桑(0.375), 黄栌、地瓜藤、岩茵子树等为其伴生种; T6 灌木层植物 21 种, 占群落的 61.8%, 重要值较分散, 优势种不明显, 说明物种竞争激烈, 其重要值较大的为马桑、黄栌、盐肤木(*Rhus chinensis*)等。

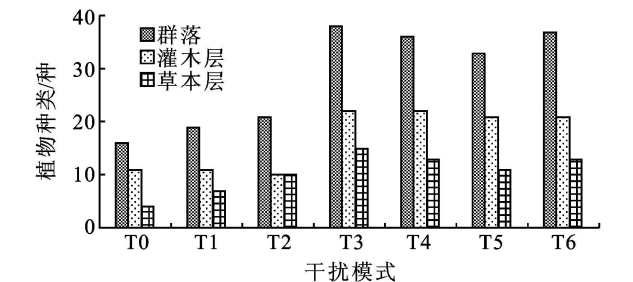


图 1 不同干扰模式柏木人工林下植物物种数量的变化

2.1.2 草本层物种重要值及其组成 T0 草本层植物有 4 种, 占群落总种数的 27.2%, 重要值最大的为香附子(*Cyperus rotundus*) (0.717)与硬杆子草(*Capillipediun assimile*) (0.171), 香附子为优势种, 硬杆子草、野菊(*Dendranthema idicum*)等为伴生种; T1 草本层有植物 7 种, 占群落总种数的 38.9%, 重要值最大的为硬杆子草(0.654), 其次是香附子、鼠尾粟(*Sporobolus fertilis*)、荩草(*Arthraxon hispidus*), 分别为 0.300, 0.207 和 0.132, 优势种为硬杆子草, 香附子及鼠尾粟, 荩草、茅草、类芦则为伴生种; T2 草本层植物物种有 10 种, 占群落总种数的 50%, 重要值按大小顺序分别是硬杆子草、荩草、鼠尾粟、香附子、类芦、麦冬、硬杆子草、香附子、荩草、鼠尾粟与

茅草为优势种, 其他则为伴生种; T3 草本层植物物种有 15 种, 占群落总种数的 40.6%, 其中硬杆子草(重要值 0.189)为本层的优势种, 其他香附子、荩草、麦冬、类芦等均为伴生种; T4 草本层植物物种有 13 种, 占群落总种数的 38.1%, 香附子(重要值 0.282)和硬杆子草(重要值 0.211)为本层的优势种, 鼠尾粟、类芦、荩草等为其伴生种; T5 草本层植物物种有 11 种, 占群落总种数的 33%, 硬杆子草、鼠尾粟、荩草与茅草 4 种物种为优势种, 香附子、麦冬和小蓬草等为伴生种; T6 草本层植物物种有 13 种, 占群落总种数的 38.2%, 香附子(重要值 0.292)为本层的优势种, 茅草、麦冬和荩草等为其伴生种。

2.2 植物群落物种多样性

2.2.1 灌木层植物群落多样性 由表 2 可以看出, 与 T0 相比, T1、T2 植物丰富度基本没有变化, T3、T4、T5、T6 模式下, 灌木层植物丰富度与 T0 相比均增加了 1 倍左右, 证明间伐带的宽度对物种的丰富度影响很大; SP 值变化不明显, T1、T2、T3、T4 多样性指数 SP 均低于 T0, T5、T6 略高于 T0; SW 值变化较大, T4、T6 值略高于 T0, 其他值则明显低于 T0; T1-T6 均匀度均低于 T0; T5 优势度指数显著高于 T0 和其他群落, T1-T4、T6 优势度低于 T0。

表 2 不同干扰模式柏木人工林灌木层植物群落多样性指数

类型	S	SP	SW	$J_{sw}$	AL
T0	11	0.84	2.05	0.89	0.78
T1	11	0.78	1.78	0.53	0.72
T2	10	0.76	1.67	0.73	0.70
T3	22	0.78	2.17	0.70	0.47
T4	22	0.81	2.28	0.74	0.49
T5	21	0.85	1.61	0.52	1.41
T6	21	0.89	2.57	0.84	0.67

表 3 不同干扰模式柏木人工林草本层物种多样性指数

类型	S	SP	SW	$J_{sw}$	AL
T0	4	0.45	0.86	0.33	0.60
T1	7	0.80	1.74	0.97	0.85
T2	10	0.85	2.04	0.89	0.85
T3	15	0.84	2.13	0.79	0.66
T4	13	0.83	2.04	0.80	0.73
T5	11	0.86	2.11	0.88	0.85
T6	13	0.84	2.11	0.82	0.72

2.2.2 草本层植物群落多样性 由表 3 可以看出, T1-T6 植物群落的物种丰富度 S 值均大于对照群落 T0, 物种丰富度增加了 3 倍; T1-T6 植物群落的物种多样性指数 SP 值均明显大于对照群落 T0 的 85% 左右; 多样性指数 SW 变化趋势与 SP 相同; 各改造群落的均匀度指数也都大于对照群落, 其中以 T1 均匀度最高, T2 最低; T1-T2、T5 优势度指数 AL 都相同, T3 与 T6 接近, T3 优势度最低。不同的人为

干扰模式对物种的多样性有很大影响, 物种多样性都有不同程度的提高。

### 3 讨论

研究区内柏木人工林中乔木层植物种类单一, 结构简单, 林分抵御外来干扰的能力弱, 因此林下植物物种的多样性就显得更为重要<sup>[1, 13]</sup>。把林下植物多样性作为林分结构调整的因子, 通过人为干扰来培育林下植物多样性, 优化林分结构已经得到广泛认可和应用<sup>[14]</sup>。草本层物种数量最多, 在北美地区草本层数超过其森林生态系统物种总数的 80%<sup>[15-16]</sup>, 尤其在人工林健康改造过程中显得尤为重要。通过对柏木人工林带状改造的研究, 发现柏木人工林灌木、草本层重要性指数对带状改造响应明显, 且不同干扰模式对草本层、灌木层的重要性指数的影响不同。T1-T4 更新模式未改变灌木层的优势种, T5 和 T6 模式改变或增加了乔木层树种结构, 从而也改变了灌木层优势物种。草本层由对照群落以香附子为最大优势种, 经过不同改造模式的干扰逐渐演变成以香附子、硬杆子草、荩草、鼠尾粟为主建群种或者共建种, 可见不同干扰模式的干扰对植物群落的恢复与演替方向有明显影响。

雷静品等<sup>[1]</sup>研究表明, 干扰带宽度对灌木层丰富度影响比较明显, 本研究表明: < 15 m 的干扰带宽度对灌木层丰富度影响不大。但超过 15 m 后, 各种更新模式灌木层丰富度均增加了 2 倍左右, 表明灌木层丰富度受干扰带宽的影响较大; 与对照群落相比, 不同干扰模式对草本的影响明显, 各种干扰模式草本层丰富度均大于对照, 特别是以 20~25 m 干扰模式为最高, 但当带内栽植其他乔木时, 又导致草本层物种丰富度降低。

与对照相比, 干扰模式对物种多样性影响并不相同, 不同层次对干扰的响应不一致。灌木层物种多样性指数值变化趋势不一致, 有些干扰模式多样性指数值甚至低于对照; 但对于草本层, 各种干扰模式多样性指数均增加了 2~3 倍, 这与朱锦懋<sup>[17]</sup>、涂育合<sup>[18]</sup>、于立忠<sup>[19]</sup>、吕浩荣<sup>[20]</sup>等研究结果相一致。对于研究区而言, T3 和 T6 可能为研究区较为适宜的干扰更新模式。

干扰是种群动态变化的重要因素之一<sup>[24-22]</sup>, 它可以通过改变生境条件、增加生境异质性等许多复杂的过程使植物群落本身发生结构、动态过程的变化, 甚至改变其演替方向。尤其是对人工林群落的人为干扰方式, 直接影响着群落的发展与稳定。干扰的时间、强度、间隔期等都影响着干扰的结果, 对提高植物群落的稳定性与多样性具有重要的意义。对柏木人工林的人

为干扰, 一方面是森林生态系统经营的要求, 另一方面也是提高林下植物多样性, 持续发挥林地生态效益的要求。本研究实验地所采用的人工干扰时间只有 5 a, 这种干扰对林分经营效果, 以及本地区人工柏木林科学合理的改造更新方式需要进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 雷静品, 肖文发, 黄志霖, 等. 带状改造对柏木人工林林下植被多样性和环境的影响[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(3): 381-387.
- [2] 杨承栋, 焦如珍, 屠星南. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学, 1995, 31(3): 276-283.
- [3] 余树全, 周国模, 韦新良, 等. 森林生物多样性保护与森林的持续发展[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(2): 182-187.
- [4] 郑世锴, 卢永农. 山东临沂地区杨树人工林密度及经济效益的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(2): 166-171.
- [5] 项文化, 田大伦. 不同密度中幼龄湿地松人工林生长过程的经济效益分析[J]. 中南林学院学报, 1998, 18(3): 71-74.
- [6] 刘会玉, 林振山, 张明阳. 人类周期性活动对物种多样性的影响及其预测[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1653-1641.
- [7] 朱珠, 包维楷, 庞学勇, 等. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响[J]. 生物多样性, 2006, 14(4): 284-291.
- [8] Kneeshaw D D. Canopy gap characteristics and tree replacement in the southeastern boreal forest[J]. Ecology, 1998, 79: 783-794.
- [9] Adrienne B W. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests[J]. Ecology, 1999, 80: 1908-1926.
- [10] 郝占庆. 长白山北坡阔叶红松林草本植物物种多样性及其季节动态[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 125-132.
- [11] 吴刚, 郝占庆. 长白山北坡阔叶红松林林隙动态变化对早春植物的影响[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 12-17.
- [12] 张艳华. 林隙对草本植物的影响[J]. 植物研究, 1999, 19(1): 94-99.
- [13] 太立坤, 余雪标, 杨曾奖, 等. 三种类型森林林下植物多样性及生物量比较[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 229-234.
- [14] Roberts M R. Response of the herbaceous layer to disturbance in North American forests[J]. Canadian Journal of Botany, 2004, 82: 1273-1283.
- [15] Whigham D F. Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 2004, 35: 583-621.
- [16] Gilliam F S. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems[J]. Bioscience, 2007, 57: 845-858.
- [17] 朱锦懋, 姜志林, 蒋伟, 等. 人为干扰对闽北森林群落物种多样性的影响[J]. 生物多样性, 1997, 5(4): 263-270.

(下转第 139 页)

在裸地条件下生物结皮含水率增大了 50.79%, 下层沙土含水率增大了 27.42%。在油蒿、羊柴和花棒下生物结皮含水率相对于下层沙土含水率分别增大了 69.69%、105.95% 和 126.47%, 在裸地条件下生物结皮含水率相对于下层沙土含水率增大了 85.24%, 那么可以得出结论在有植被和裸地条件下生物结皮阻水特性是由不同植被类型决定的, 在油蒿下生物结皮阻水要弱于裸地条件下, 而在花棒和羊柴下生物结皮阻水特性要强于裸地条件下, 所以有植被和裸地生物结皮阻水特性由强到弱是: 花棒> 羊柴> 裸地> 油蒿(图 2)。

在荒漠化地区, 生长在植被下的生物结皮受到植被的保护, 有效地减少阳光对生物结皮直射所带来的含水量的蒸腾, 枯枝落叶层增加生物结皮有机质和腐殖质的含量, 同时阴凉植被下昆虫的活动增加了微生物的含量, 促进生物结皮稳定的生长发育。而裸露在自然条件下的生物结皮, 阳光直射到地表, 几组生物结皮的含水率已经为 0, 降雨之后, 含水率为 0 的生物结皮一定要吸收更多的水分, 只有其中水分饱和才会下渗到沙土中。花棒和羊柴生长时间较久, 下方生物结皮厚度也比较大, 加上有植被的保护作用, 阻水特性就要比裸地下强。而油蒿生长时间较短, 下方生物结皮厚度最小, 裸地生物结皮生长时间要长于油蒿下, 裸地生物结皮饱和含水量要比油蒿下的大, 所以裸地生物结皮阻水特性强于油蒿下, 弱于花棒和羊柴下。由于油蒿是匍匐植株, 随着油蒿的生长发育, 下方生物结皮阻水特性会增强, 在以后的研究中有可能出现油蒿下生物结皮的阻水特性最强, 花棒和羊柴下逐渐减弱, 裸地的最小。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 不同植被覆盖下生物结皮的厚度不同, 在油蒿、花棒和羊柴下厚度分别为 0.41 cm、0.58 cm 和 0.54 cm。从生物结皮厚度来看, 花棒更有利于沙地的稳定。

(2) 生物结皮在油蒿、羊柴和花棒下阻水特性由强到弱为: 花棒> 羊柴> 油蒿, 同时, 生物结皮在有植

被和裸地下阻水特性由强到弱表现为: 花棒> 羊柴> 裸地> 油蒿。在油蒿下生物结皮的阻水特性最弱, 更有利于油蒿的生长, 油蒿呈现稳定快速生长的趋势, 而花棒和羊柴下生物结皮阻水特性较强, 生物结皮阻止水分的下渗, 不利于花棒和羊柴的继续生长, 在盐池当地花棒和羊柴呈现衰败的趋势。遵循植被的演替规律, 油蒿群落逐渐替代其他群落, 成为主要群落。

#### 3.2 讨论

将生物结皮阻水特性与生物结皮厚度联系到一起, 发现随着生物结皮厚度的增加, 阻水特性也在增强。生物结皮的阻水特性越强, 水分越难下渗到下层沙土中, 这样不利于植被的恢复, 植被有可能会因为吸收不到水分而死亡。采用适当放牧的方法, 人为打破一些生物结皮的完整性, 这样有利于水分的下渗, 有利于植被的恢复和营造, 更有利于沙丘的固定。

#### 参考文献:

- [1] 刘丽燕, 吾尔妮莎·沙衣丁, 阿不都拉·阿巴斯, 等. 荒漠化地区生物结皮的研究进展[J]. 菌物研究, 2005, 3(4): 26-29.
- [2] 崔燕, 吕贻忠, 李保国. 鄂尔多斯沙地土壤生物结皮的理化性质[J]. 土壤, 2004, 36(2): 197-202.
- [3] 闫德仁, 薛英英, 赵春光. 沙漠生物结皮国内研究现状[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(1): 28-32.
- [4] 闫德仁, 薛英英, 韩凤杰, 等. 沙漠生物土壤结皮国外研究概况[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(1): 39-42.
- [5] 王新平, 肖洪浪, 张景光, 等. 荒漠地区生物土壤结皮的水文物理特征分析[J]. 水科学进展, 2006, 17(5): 592-598.
- [6] 李守中, 肖洪浪, 罗芳, 等. 沙坡头植被固沙区生物结皮对土壤水文过程的调控作用[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 228-233.
- [7] 崔燕, 吕贻忠, 李保国. 鄂尔多斯沙地土壤生物结皮的理化性质[J]. 土壤, 2004, 36(2): 197-202.
- [8] 贺学林, 史海莉, 白泽斌, 等. 毛乌素沙地使用植物资源开发利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 248-259.
- [9] 崔强, 高甲荣, 何明月, 等. 宁夏盐池沙地农田防护林的防风阻沙效益[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(3): 25-29.
- [10] 宋阳, 严平, 张宏, 等. 荒漠生物结皮研究中的几个问题[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 439-443.

(上接第 135 页)

- [18] 涂育合. 杉木不同经营密度的林下植被变化[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(4): 52-55.
- [19] 于立忠, 朱教君, 孔祥文, 等. 人为干扰(间伐)对红松人工林下植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3757-3764.
- [20] 吕浩荣, 刘颂颂, 叶永昌, 等. 人为干扰对风水林群落树种组成及多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(4):

613-619.

- [21] Aubert M, Alard D, Bureau F. Diversity of plant assemblages in managed temperate forests: A case study in Normandy (France) [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 175: 321-337.
- [22] 朱教君, 刘足根. 森林干扰生态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1703-1710.