

文峪河上游河岸林群落类型及其生态适应性

吉久昌^{1,2}, 郭跃东¹, 郭晋平^{1,*}, 张芸香¹

(1. 山西农业大学林学院, 山西太谷 030801; 2. 山西省太原市政府, 山西太原 030012)

摘要:以文峪河上游河岸林为研究对象,采用 TWINSpan 法对研究地区河岸林进行群落分类,对各群落类型特征进行分析。在提出河岸林群落生态功能适应性指标的基础上,对研究地区河岸林群落进行生态功能适应性分组。通过研究,文峪河上游河岸林可划分为阔叶混交林、华北落叶松阔叶混交林、云杉落叶松混交林、云杉阔叶混交林、阔针混交林、油松阔叶混交林、青杨林、沙棘灌丛和柳树灌丛等 9 个群落类型,但群落类型之间的分异性总体表现不高,且表现出突出的多样性特征;群落乔木层和灌木层的物种组成复杂,草本层多为一些耐干扰种和耐水湿种,总体上越远离河岸,高地群落中的物种比例越高,表现出高地森林与河流之间生态过渡带的典型特点和河岸带生态环境的高度异质性;根据本文构建的群落的生态功能适应性指标,研究地区 9 个河岸林群落类型可以划分为强入侵性功能组、中等入侵性功能组、弱入侵性功能组和高逃避性功能组等 4 个生态适应性功能组,不同生态适应性功能组的群落中,乔木层和灌木层的主要物种具有明显不同的生态对策,而草本层物种的差异不明显。

关键词:文峪河流域;河岸林;群落分类;群落特征;生态适应性功能组

文章编号:1000-0933(2009)03-1587-09 中图分类号:Q948.1 文献标识码:A

Community types and ecological adaptation characteristics of the riparian forest in upper reach of Wenyuhe Watershed

Ji Jiu-Chang^{1,2}, GUO Yue-Dong¹, GUO Jin-Ping^{1,*}, ZHANG Yun-Xiang¹

1 College of Forestry of Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China

2 Taiyuan City Council, Taiyuan, Shanxi 030012, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1587 ~ 1595.

Abstract: This study was conducted on riparian forests in the upper reach of Wenyuhe watershed. The community types were classified by the method of TWINSpan. The community characteristics and diversity were also analyzed. We proposed the eco-functional adaptation indices of the riparian forest communities, based on which the riparian forests were divided into different functional groups. The riparian forests in the upper reach of Wenyuhe watershed were classified into 9 community types: broad-leaved mixed forest, *Larix principis-rupprechtii* + broad-leaved mixed forest, *Picea meyeri* + *Larix principis-rupprechtii* mixed forest, *Picea meyeri* + broad-leaved mixed forests, broad-leaved + needle-leaved mixed forest, *Pinus tabulaeformis* + broad-leaved mixed forests, *Populus davidiana* forest, *Hippophae rhamnoides* bush and *Salix* bush. The differences between these types were not very significant, but the diversity was obvious. The species composition of tree and shrub layers were complicated and various, and the species of herb layer were often disturbance-tolerant and humidity-tolerant ones. Generally, the far away from the river bank, the more species of alpine community appeared which was the typical characters of ecological transition zone between the alpine forest and river bank, and was also closely related with the spatial and temporal heterogeneity of riparian zone. According to the eco-functional adaptation indices, the riparian forests were divided into four eco-adaptation functional groups, i. e. the strong invasion group, the intermediate invasion group, the weak invasion group and the strong avoiding group. The eco-strategy of tree layers and bush layers were significantly

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30470316);山西省自然科学基金资助项目(2006011084);山西省留学基金资助项目(20080709)

收稿日期:2008-03-24; 修订日期:2008-12-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jinpguo@sohu.com;

different from each other among the four groups, but the differences of the herb layers were not significant.

Key Words: Wenyuhe watershed; riparian forest; community classification; community characteristics; eco-adaptation functional group

群落是相互联系的种群的集合,群落的特征取决于组成群落的种群的特征及其相互关系^[1,2]。在长期的环境作用下,或者在环境变异过程中,种组在群落中的作用或功能有相互补偿作用^[3],同时不同生态适应性特性的种群也对环境变异表现出不同的反应,从而在群落动态和演替过程中发挥不同的作用,使群落整体表现出不同的动态特征和稳定性^[4-6]。在干扰格局复杂的环境下,群落的动态变化和生态演替过程的多样性更高,可预测性更差^[7,8]。植物功能型或功能群是指对环境条件具有相似的响应机制的一类物种^[9],或者与系统某项功能直接相关的物种群,并常作为物种多样性分析的指标来研究物种组成与生态系统功能的关系^[10,11]。通过植物功能型的划分,探讨植物功能型对环境因子的适应性和生态对策,有助于找到群落生态过程的内部生理机制新的突破口,有利于阐述植被与干扰的关系,分析植被变化和生物多样性,对环境变化和干扰的响应^[12,13]。植物功能型在植被动态模型研究中被认为是最小的、可见的稳定单元,类似于传统植被分析中的物种,但功能群是相对的,对应于不同尺度上观察有不同水平的分辨率^[12],植物功能型的划分依赖于研究背景、尺度的问题^[9]。在多变和退化的环境条件下,竞争能力和可塑性与群落演替的潜在趋势关系密切^[13],植物竞争能力可塑性、胁迫耐受性等特性,对群落的动态演替、抗干扰性、恢复性具有特殊意义,从而有助于对植被退化和生态恢复的相关研究^[14-16],只有通过对植物功能性状与生态系统功能之间的多因子共同作用,多层次、多时空尺度的关系整合,才能建立全面的植物功能性状,环境生态系统功能之间的关系,为揭示植物变化的环境和生态过程驱动机制,更好地进行生态保护和恢复奠定良好基础^[17]。

河岸林是一类特殊的森林群落,在流域系统中发挥着独特的水文功能和环境功能^[18,19],在维护流域景观稳定性和生态安全方面发挥着特殊作用^[20,21]。为此,北美河溪生态和河岸带研究已深入到河溪物理属性对森林经营活动的响应^[18,22]。但是,由于河岸林群落的特殊性,其群落学基本特征、动态变化规律和影响因素等基本问题,都需要站在新的角度和起点上加以专门研究。为此,本研究以文峪河流域上游河岸林为研究对象,面向群落动态和生态演替趋势预测,在植物群落分类的基础上,依据物种综合生态适应性,构建群落生态功能适应性特征的概念和指标,并据此进行群落功能特性类型的划分,以深化对河岸林群落特性的认识,揭示群落特征与环境的关系及其潜在演替趋势,探索群落生态适应性功能分析的新途径。

1 研究地区概况及研究方法

1.1 研究地区自然概况

研究对象为文峪河上游河岸林,文峪河上游位于吕梁山脉中段关帝山林区的庞泉沟国家级自然保护区及孝文山林场,地理坐标 111°21'~111°37'E, 37°45'~37°59'N。气候属于受季风影响和控制的暖温带大陆性山地气候,年平均气温 4.2℃,年平均降水量 822.6 mm。研究区域内的河岸带沿文峪河上游主河道及各支流两侧分布,主要有针叶林、阔叶林、山地寒温性针叶林及一些灌丛群落。研究地区河岸带大部分遭受了不同程度的人为干扰破坏,但也保存了一部分比较完好的河岸带群落,为河岸带植被生态学及其恢复重建研究提供了便利条件。

1.2 研究方法与内容

1.2.1 样地设置

根据已有的调查数据和图面材料,结合实地踏查,于 2005 年在研究地区主河道及各支流河岸带选取人为干扰较少、能代表研究地区各类河岸林群落的典型样地,并同时考虑海拔梯度、坡度和坡向因素,设置河岸林群落调查样地,共设置代表各类河岸林群落的样地 33 块,样地面积 20 × 20 m²,同时在每个样地内设置 5 个 4 × 4 m²的灌木样方和 5 个 1 × 1 m²的草本样方,分别层次进行群落学调查。样地概况见表 1。

表 1 河岸林样地概况表
Table 1 General character of sample-plots of riparian forest

样方号 No of plot	地点 Site	海拔 Elevation	坡度 Slope	坡向 Aspect	树种组成* Species composition
0501	神尾沟	2131	23	42	7 落 1 白 1 杨 1 柳 + 云 - 红
0502	神尾沟	2121	25	92	5 落 2 红 3 白 + 杨 - 柳
0503	郝家沟口	1630	0	251	10 青杨
0504	郝家沟	1712	35	337	5 落 2 柳 2 白 1 云 + 杨 + 红
0505	神尾沟	2018	0	164	6 落 4 杨 - 白 - 柳
0506	神尾沟	2001	0	123	8 杨 2 落 - 柳 - 红
0507	神尾沟	1978	0	168	9 杨 1 落 - 白 - 柳
0508	大西塔沟	2099	33	121	6 白 2 红 2 落 + 杨 + 花 - 云
0509	大西塔沟	2101	14	5	5 落 3 云 2 红 + 白 + 花
0510	大西塔沟	2090	24	128	8 云 1 杨 1 红 - 花 - 柳
0511	大西塔沟	2052	0	349	6 落 3 云 1 红 + 杨 - 白
0512	大背沟	2100	6	297	5 柳 2 落 1 云 1 白 + 红
0513	大背沟	2112	42	154	7 杨 2 落 1 柳 + 白 - 云
0514	绿色长廊	1924	16	56	8 云 1 落 1 白 + 红
0515	绿色长廊	1882	0	78	10 云 - 山
0516	绿色长廊	1850	0	84	8 云 2 红 + 白 - 杨 - 柳
0517	大沙沟	1945	15	315	7 云 3 落 - 红
0518	大沙沟	1928	0	167	5 白 4 云 1 柳
0519	大沙沟	1909	32	184	5 杨 3 云 1 落 1 白
0520	八水沟	1775	0	169	7 油 3 杨 + 白 - 云
0521	齐冲沟	1971	15	339	7 落 2 红 1 云 + 白 + 杨
0522	齐冲沟	1975	42	144	7 落 2 云 1 白 + 杨 + 辽
0523	齐冲沟	1920	0	131	10 云 + 白 - 杨 - 辽
0524	八道沟	2050	12	12	7 杨 2 白 1 云 + 红 - 花 - 落
0525	八道沟	1968	10	25	4 落 3 白 2 杨 1 红 + 云 - 柳
0526	八道沟	1950	10	28	10 杨 - 白 - 红 - 云
0527	八水沟	1850	8	349	7 云 3 辽 + 白 + 花 - 红 - 落
0528	八水沟	1834	0	104	5 杨 4 油 1 云 + 茶 - 白
0529	回回沟	1721	32	0	6 油 3 白 1 落 + 柳 - 云
0530	郝家沟	1670	5	6	10 沙棘
0531	郝家沟	1729	3	345	6 柳 3 白 1 落 + 云 - 红
0532	柴禄沟	1975	0	92	6 杨 4 白 + 柳
0533	柴禄沟	1970	0	321	4 落 4 白 2 云 + 杨

* 树种组成栏中,树种组成用 10 成制表示,各树种胸高断面面积所占百分数按四舍五入后转换成所占成数,即大于等于 5% 计 1 成, + 号表示树种胸高断面面积占 3% ~ 4%, - 号表示树种胸高断面面积占 1% ~ 2% The species composition is calculated using a ten-point system, according to the base area ratios of each species at breast height, and then round off, “+” represent the percentage range in = 3% - 4%, “-” = 1% - 2%; 落:华北落叶松 *Larix principis-rupprechtii*、白:白桦 *Betula paltiphylla*、红:红桦 *B. Albo-sinensis*、杨:青杨 *Populus cathayana*、柳:柳属的中华柳、周至柳、小叶柳中的一种或几种 *Salix* ssp、云:青杆 *Picea wilsonii*、油:油松 *Pinus tabulaeformis*、茶:茶条槭 *Acer ginnala*、山:山杨 *Populus davidiana*、辽:辽东栎 *Quercus liaotungensis*、沙棘:中国沙棘 *Hippophae rhamnoides*、花:花楸树 *Sorbus pohuashanensis*

1.2.2 样地群落学调查

在每一个样地内,首先调查记录样地的海拔、坡度、坡向、河岸带宽度、河岸带坡度、河岸带坡向和凋落物厚度以及是否为常年流水或季节性流水等环境指标包括;对乔木层调查并记录林分郁闭度、平均高度和密度,并进行每木调查,测定和记录树种和胸径;对灌木层和草本层调查并记录组成物种、密度、盖度、平均高度、频度。在 33 块样地内共记录了 167 个植物种。

1.2.3 群落中物种的重要值

群落中物种重要值的计算分别层次进行,主要采用了样地和样方调查获得的各物种的密度、高度、盖度和频度指标,各层中植物种重要值计算公式如下:

$$IV_c = \frac{(RD + RH + RS)}{3} \times 100 \quad (1)$$

$$IV_b = \frac{(RD + RC + RH + RF)}{4} \times 100 \quad (2)$$

$$IV_h = \frac{(RC + RH)}{2} \times 100 \quad (3)$$

式中, IV 为重要值, RD 为相对密度, RH 为相对高度, RS 为相对显著度, RC 为相对盖度, RF 表示相对频度。

1.2.4 群落分类和群落相似系数计算

采用 VESPAN 软件包中 Hill 设计的 TWINSpan 分类法,以物种重要值为基础数据,对河岸林群落进行数量分类。以物种重要值为基础数据,采用相关系数计算的方法来衡量群落类型物种组成和结构上的相似关系和差异性,同时这也是分析群落演替过程中相近程度的一个指标。

1.2.5 河岸林群落生态功能适应性指标

借鉴 Naiman 对河岸带植物的分类^[23,24],本研究将河岸带植物种在群落动态过程中的生态功能适应性分为入侵性、忍耐性、抵抗性和逃避性。为了对物种的生态功能适应性进行定量分析评价,根据物种生物学和生态学特性,采用专家打分的方式对每一个植物种的生态功能适应性进行数量化评分。由于群落整体特征取决于群落组成物种的特征以及它们的相互关系,则群落的各项生态功能适应性指标及其比例关系可以反映群落的生态策略和动态倾向。为此,以植物种的生态功能适应性数量化评分值为基础,结合物种的重要值,构建了群落的生态功能适应性指标,并可相应地计算其百分比。其计算公式为:

$$C_j = \sum_{i=1}^s P_i \cdot W_{ij} \quad (4)$$

式中, C_j 为群落的 j 生态功能适应性指标, P_i 为种 i 的重要值, W_{ij} 为种 i 的特性 j 的权重, s 为群落的物种数。

2 结果分析

2.1 河岸林群落类型及其特征分析

对本研究调查获得的 33 块样地的群落学调查分析数据进行整理后,采用前述 TWINSpan 分类法,结合河岸林特征和地形地貌特征的生态意义,取第五级分类结果,将研究地区河岸林群落划分为阔叶混交林、华北落叶松阔叶混交林、云杉落叶松混交林、云杉阔叶混交林、阔叶针叶混交林、油松阔叶混交林、青杨林、沙棘灌丛和柳树灌丛 9 个群落类型,并可总结各群落基本特征见表 2。

结合表 1 的样地概况进行分析可见,由于河岸带地形地貌的复杂性,加上洪水和风害等自然干扰及一定程度的人为干扰,河岸带生境的时空异质性很高,河岸林乔木层物种组成复杂,表现出高地森林与河流之间过渡带的典型特征;同时,灌木层物种组成也比较复杂;由于当地牛羊等牲畜啃食和践踏,草本层植物除靠近河岸的耐水湿物种外,以耐干扰物种为主,离河岸越远,高地物种比例越高。

2.2 河岸林各群落类型之间的相似性分析

为了进一步分析比较各群落之间的差异以及联系,采用相关系数作为二者之间关系的衡量指标(表 3)。

由表 3 可见,研究地区 9 个河岸林群落类型之间在物种组成和结构上既表现出一定的差异性,同时又具有一定的联系,如群落 BL 和 LBL、BNL、POP 表现出较强的正相关性,SL 和 SBL 表现出较强的正相关性,SL、SBL 这二者却和 POP、HB、SB 三者表现出一致的负相关性,而群落 PBL 和以上群落的相关性皆不大,这种结果表明不同类型群落之间既表现出一定的连续性和过渡性,同时也表现出一定的间断性,不同群落类型之间的分异性或高或低,这与河岸林群落所处地形的复杂多样有极其密切的关系。

表 2 各群落类型基本特征

项目 Item	阔叶混交林 BL	华北落叶松 阔叶混交林 LBL	云杉华北落叶松 混交林 SL	云杉阔叶混交林 SBL	阔叶针叶混交林 BNL	油松阔叶混交林 PBL	青杨林 POP	沙棘灌丛 HB	柳树灌丛 SB
所采样地 Plots	6, 7, 8, 12, 13, 24, 26, 32	1, 2, 4, 5, 21, 22	9, 11, 17	10, 14, 15, 16, 23, 27	18, 19, 25, 33	20, 28, 29	3	30	31
海拔 Elevation	1950 ~ 2100	1970 ~ 2130	1950 ~ 2100	1850 ~ 2100	1910 ~ 1970	1720 ~ 1830	1630	1670	1729
坡向 Hillside	阴坡, 阳坡 shady, sunny	阴坡, 阳坡 shady, sunny	阴坡 shady	半阳坡, 半阴坡, 阴 坡 semi-sunny, semi-shady, shady	阴坡, 阳坡 shady, sunny	阴坡, 阳坡 shady, sunny	半阳坡 semi-sunny	阳坡 sunny	阳坡 sunny
主要乔木种 Tree	青杨 (pc), 白桦 (bp), 红桦 (ba), 柳树 (ss)	落叶松 (lp), 柳树 (ss), 红桦 (ba), 白桦 (bp), 青杨 (pc)	云杉 (pw), 落叶松 (lp)	云杉 (pw), 红桦 (ba), 白桦 (bp)	白桦 (bp), 青杨 (pc), 落叶松 (lp), 云杉 (pw)	油松, 白桦 (bp), 青杨 (pc)	青杨 (pc)	0	柳树 (ss), 白桦 (bp) (呈低矮林 的典型特征)
主要灌木种 Shrub	刺李 (db), 忍冬 (lc), 山刺玫 (rd), 山麻子 (mm), 绣线 菊 (sp), 灰荀子 (ca)	忍冬 (lc), 荚蒾 (vm), 山刺玫 (rd), 山麻子 (mm), 小叶忍冬 (lm), 绣线菊 (sp), 榛子 (cm)	忍冬 (lc), 山麻子 (mm), 刚毛忍冬 (lh), 小叶忍冬 (lm), 覆盆子	忍冬 (lc), 山刺玫 (rd), 山麻子 (mm), 榛子 (cm), 绣线菊 (sp), 刺叶 小檗 (bf)	忍冬 (lc), 绣线菊 (sp), 山刺玫 (rd), 山麻子 (mm), 山檀 (cp), 榛子 (cm)	胡枝子 (lb), 忍冬 (lc), 榛子 (cm), 灰荀子 (ca), 山檀 (cp)	沙棘 (hr), 胡枝子 (lb) 和 银露梅 (pg)	沙棘 (hr)	柳树 (ss), 沙棘 (hr), 山 丁 子 (mb), 山檀 (cp)
主要草本种 Herb	苔草 (cl), 草莓 (fv), 早熟禾 (pp)	苔草 (cl), 卫矛 (ca), 唐松 (ta), 小 红菊 (dc)	苔草 (cl), 卫矛 (ca), 草间荆 (cp), 乌头 (ac), 小红菊 (dc), 升麻 (cf)	苔草 (cl), 卫矛 (ca), 糙苏 (po), 唐松 (ta), 早熟禾 (pp)	苔草 (cl), 卫矛 (ca), 小红菊 (dc)	早熟禾 (pp), 糙苏 (po), 苔草 (cl), 小红菊 (dc)	早熟禾 (pp), 苔草 (cl), 艾蒿 (al), 牛 扁 (ab) 水杨梅 (gf), 歪头菜 (vu)	艾蒿 (al), 华北前 胡 (ph), 灰绿藜 (cg), 牛蒡 (all)	仙鹤草 (ap), 早 熟禾 (pp), 唐松 (ta), 华北前胡 (ph), 草 间 荆 (cp)
主要更新种 Regeneration species	较多云杉 (pw), 少 量白桦 (bp)	少量白桦 (bp) 幼树	大量云杉 (pw)	大量云杉 (pw)	林窗下大量云杉 (pw)	云杉 (pw) 幼苗	无更新	无更新	无更新

BL: Broad-leaved mixed stands; LBL: *Larix principis-rupprechtii* + broad-leaved mixed stands; SL: *Picea meyeri* + *Larix principis-rupprechtii* mixed stands; BNL: Broad-leaved + needle-leaved mixed stands; PBL: *Pinus tabulaeformis* + Broad-leaved mixed stands; POP: *Populus davidiana* stands; HB: *Hippophae rhamnoides* Bush; SB: *Salix sinica* var. *semiconnexa* Bush; lp: 落叶松 *Larix principis-rupprechtii*; bp: 白桦 *Betula papyrifera*; ba: 红桦 *B. albo-sinensis*; pc: 青杨 *Populus cathayana*; ss: 柳树 *Salix* spp; pw: 云杉 *Picea wilsonii*; pt: 油松 *Pinus tabulaeformis*; rb: 刺李 *Ribes burejense*; lc: 忍冬 *Lonicera chrysantha*; rd: 山刺玫 *Rosa daurica*; mm: 山麻子 *R. mandshuricum*; sp: 绣线菊 *Spiraea pubescens*; ca: 灰荀子 *Cotoneaster acutifolius*; vm: 荚蒾 *Viburnum mongolicum*; lm: 小叶忍冬 *L. microphylla*; cm: 榛子 *Corylus mandshurica*; lh: 刚毛忍冬 *L. hispida*; ri: 覆盆子 *Rubus idaeus*; bf: 刺叶小檗 *Berberis ferdinandii-coburgii*; cp: 山檀 *Crataegus pinnatifida*; lb: 胡枝子 *Lespedeza bicolor*; pg: 银露梅 *Potentilla glabra*; mb: 山 丁 子 *Malus baccata*; ss: 柳树 *S. spp*; hr: 沙棘 *Hippophae rhamnoides*; cl: 苔草 *Carex lanceolata*; fv: 草莓 *Fragaria vesca*; pp: 早熟禾 *Poa pratensis*; ea: 卫矛 *Euonymus alatus*; ta: 唐松 *Thalictrum aquilegifolium*; dc: 小红菊 *Dendranthema chianetii*; ep: 草间荆 *Equisetum pratense*; ac: 乌头 *Aconitum carmichaeli*; cf: 升麻 *Cimicifuga foetida*; po: 糙苏 *Phlomis oreophila*; al: 艾蒿 *Artemisia lavandulifolia*; ab: 牛扁 *A. barbatum*; gi: 水杨梅 *Geum japonicum*; vu: 歪头菜 *Vicia unijuga*; ph: 华北前胡 *Peucedanum harringtonii*; cg: 灰绿藜 *Chenopodium glaucum*; all: 牛蒡 *Arctium lappa*; ap: 仙鹤草 *Agrimonia pilosa*

表 3 各群落类型相关系数分析表

Table 3 Correlation coefficient of different communities

	BL	LBL	SL	SBL	BNL	PBL	POP	HB	SB
BL	1.0000								
LBL	0.5364	1.0000							
SL	0.2816	0.5353	1.0000						
SBL	0.2294	0.3363	0.7859	1.0000					
BNL	0.6762	0.6363	0.3757	0.4141	1.0000				
PBL	0.2585	0.1236	0.0086	0.0778	0.2922	1.0000			
POP	0.6023	0.0213	-0.1087	-0.0809	0.2069	0.1606	1.0000		
HB	-0.1081	-0.1321	-0.0949	-0.0987	-0.1133	-0.1101	0.4976	1.0000	
SB	0.0369	0.0869	-0.0974	-0.0838	0.0671	0.0167	0.0671	0.2462	1.0000

2.3 河岸林群落生态功能适应性分析

根据物种生物学和生态学特性,对各群落组成物种的入侵性、忍耐性、抵抗性和逃避性进行权重评分后,采用前述方法及公式(4),分别各河岸林群落类型计算 3 个层次的生态功能适应性指标百分比(表 4)。

表 4 各群落类型生态功能适应性构成分析(%)

Table 4 Ratio (%) of different eco-function adaptation characteristics of different communities

层次 Layer	生态适应性 Eco-adaptation	BL	LBL	SL	SBL	BNL	PBL	POP	HB	SB
乔木层 Canopy layer	入侵性 Invasiveness	57.86	54.61	48.33	46.15	54.39	48.91	60.00	0.00	61.54
	忍耐性 Persistency	13.34	16.65	21.70	23.55	16.14	13.95	10.00	0.00	13.29
	抵抗性 Resistance	27.45	24.93	27.17	28.97	28.11	15.26	30.00	0.00	24.11
	逃避性 Avoidance	1.36	3.81	2.80	1.34	1.37	21.89	0.00	0.00	1.06
灌木层 Bush layer	入侵性 Invasiveness	37.07	33.26	33.32	34.16	35.59	33.83	38.71	40.00	53.75
	忍耐性 Persistency	22.34	21.84	22.15	21.60	22.58	19.50	33.45	40.00	17.61
	抵抗性 Resistance	18.69	16.12	19.97	15.98	15.84	11.92	18.71	20.00	17.42
	逃避性 Avoidance	21.91	28.78	24.56	28.26	25.99	34.75	9.14	0.00	11.22
草本层 Herb layer	入侵性 Invasiveness	36.20	35.13	37.02	35.87	36.21	33.66	44.45	43.91	39.52
	忍耐性 Persistency	25.31	26.72	27.13	27.36	27.12	23.93	25.01	25.66	23.50
	抵抗性 Resistance	13.61	14.52	15.94	14.04	13.94	9.42	12.84	16.78	13.73
	逃避性 Avoidance	24.88	23.63	19.91	22.74	22.73	32.99	17.69	13.65	23.25

根据表 4 分析结果,可以将 9 个河岸林群落类型归为 4 个生态适应性功能组,其中青杨林、沙棘灌丛和柳树灌丛为强入侵性功能组,阔叶混交林、华北落叶松阔叶混交林、阔叶针叶混交林为中入侵性功能组,云杉落叶松混交林和云杉阔叶混交林为弱入侵性功能组,油松阔叶混交林为高逃避性功能组。按此生态适应性功能组划分结果,对各组的生态适应性指标进行综合,结果见表 5。

表 5 不同生态功能组的生态功能适应性比例

Table 5 Eco-functional groups and the proportion of eco-adaptation index

层次 Layer	生态适应性 Eco-adaptation	强入侵性功能组 Strong-invasion functional group	中入侵性功能组 Intermediate-invasion functional group	弱入侵性功能组 Weak-invasion functional group	高逃避性功能组 Strong-avoidance Functional group
乔木层 Canopy layer	入侵性 Invasiveness	60.77	55.62	47.24	48.91
	忍耐性 Persistency	11.65	15.38	22.62	13.95
	抵抗性 Resistance	27.06	26.83	28.07	15.26
	逃避性 Avoidance	0.53	2.18	2.07	21.89
灌木层 Bush layer	入侵性 Invasiveness	44.15	35.31	33.74	33.83
	忍耐性 Persistency	30.35	22.25	21.87	19.50
	抵抗性 Resistance	18.71	16.88	17.98	11.92
	逃避性 Avoidance	6.79	25.56	26.41	34.75
草本层 Herb layer	入侵性 Invasiveness	42.63	35.85	36.44	33.66
	忍耐性 Persistency	24.72	26.38	27.24	23.93
	抵抗性 Resistance	14.45	14.02	14.99	9.42
	逃避性 Avoidance	18.20	23.75	21.32	32.99

由表 5 可以看出,强入侵性功能组的灌木层植物也具有较强的入侵性,而逃避性较弱,中入侵性功能组和弱入侵性功能组组成物种的入侵性差异并不大;高逃避性功能组的灌木层植物具有较强的逃避性;由于河岸带生境异质性较高,虽然不同生态适应性功能组的草本层组成物种差异明显(表 2),但这些物种的生态适应性趋同,导致不同生态适应性功能组之间的生态功能适应性差异较小。从表 5 还可以看到,各生态适应性功能组灌木层物种的生态适应性与乔木层物种的生态功能适应性具有较高的一致性,而草本层与乔木层和灌木层之间的一致性都比较差。

3 讨论

3.1 河岸林的群落类型及群落特征

本研究将文峪河上游河岸林群落划分为 9 个类型。张先平等^[25]在对该地区山地林群落的研究中划分了 7 个类型,显然研究范围有限,划分的类型也较少;张金屯等^[26]在对该地区植被类型的研究中划分了 13 个类型,涉及到草甸和其他类型的山地灌丛,其中属于河谷分布的森林和灌丛类型有 9 个,但各自的 9 个类型并不完全一致^[25,26]。

关于河岸林群落特征,国外有关温带和热带河岸林群落的研究表明,与山地森林群落相比,河岸林群落具有较高的密度、基面积、生物量和生产力^[21,24],河岸带植物群落的物种组成丰富且变化较大^[21~30],同时还具有垂直结构复杂^[31]、异龄立木和枯立木共存^[32]的特点。有研究发现^[33],河岸带群落和山地林群落物种组成不同,木本植物丰富度、林分密度和林木基面积相近,河岸林群落的林分密度和基面积变幅大,山地林主要由演替后期的阔叶树组成,而河岸林则有更多的演替前期物种。国内多数研究也表明,河岸林的生物多样性更高^[34,35]。本研究的河岸林群落中乔木树种与高地林群落基本相同,但河岸林群落中的优势树种较多。

3.2 河岸林群落分类与群落生态适应性功能组的关系

河岸林群落的分类结果及群落的相似性分析表明,采用双向指示种分析(即 TWINSpan)法得到的群落类型之间的分异性不强,说明 TWINSpan 方法用于物种组成复杂且过渡性特征明显的河岸林群落分析可能有一定的局限性。建立在 TWINSpan 分类基础上的能否成为群落特征和动态趋势分析的一个新的突破口,很值得进行深入研究和探索。

群落生态适应性功能组的划分和分析,得益于植物功能型研究和深化和 Naiman^[23,24]对河岸带植物生态演替特性的划分和分析的启发,但它不同于植物功能型。植物功能型研究的深化已经和正在成为人们期望探索植被格局^[9]、生态系统总体生产力^[11,36]以及群落动态稳定性和抗干扰能力^[3,37]的形成机制的突破点,功能型划分也从以植物趋同适应性形态表型为基础逐步转向以植物种的生理生态特性的趋同性为基础,特别是以植物光合生理特性^[15,16,38]和水分利用特性^[36,16]为基础的植物功能型划分,以及以演替地位和最大潜在高度^[39]、功能特性因子与林分结构因子的结合^[40]为基础的植物功能型划分,使划分结果与生态系统功能之间的关系更为密切。有鉴于此,本文提出了在群落分类基础上,以物种生态适应性功能特性为依据,借助权重系数,构建群落生态适应性功能组的方法,能更合理地反映群落生态适应性功能的组内一致性和组间分异性。

群落相似性分析结果与群落生态适应性功能组划分结果具有良好的一致性,说明河岸林群落生态适应性功能组的划分具有科学性和合理性,并可能更有利于在植物群落学“个体论”和“机体论”非此即彼的矛盾之间架起相互结合的桥梁。同时,群落生态适应性功能组的划分也可能为通过分析现实群落的组成结构,揭示演替过程中群落的位置和演替关系的一条新途径。

4 结论

(1) 文峪河上游河岸林可以分为阔叶混交林、华北落叶松阔叶混交林、云杉落叶松混交林、云杉阔叶混交林、阔针混交林、油松阔叶混交林、青杨林、沙棘灌丛和柳树灌丛等 9 个群落类型,并形成了独特而典型的河岸林群落特征,河岸林群落组成结构的复杂性反映了研究地区河岸带生态环境的高度异质性。

(2) 研究地区的河岸林群落可以划分为 9 个类型,但群落之间在物种组成和结构上更多地表现出连续性和过渡性,群落类型之间的分异性表现或高或低,河岸林群落表现出更为突出的多样性。

(3) 研究地区 9 个河岸林群落具有以下一般性特征:乔木层和灌木层的物种组成复杂,表现出高地森林与河流之间过渡带的典型特征,草本层多为一些耐干扰种和耐水湿种,越远离河岸,高地群落中的物种比例越高,并出现由河岸种向山地种逐渐过渡的趋势。

(4) 研究地区河岸林群落的生态功能适应性特征可用来分析河岸林群落的生态策略和动态倾向。本文以河岸林群落组成物种的生态功能适应性数量化评分值为基础,结合作种的重要值,构建的群落生态功能适应性指标,可以反映群落生态功能适应性特征。根据各群落 4 种生态功能适应性指标的比例,9 个河岸林群落可以划分为强入侵性功能组、中等入侵性功能组、弱入侵性功能组和高逃避性 4 个生态适应性功能组。不同功能组的群落乔木层、灌木层物种的生态对策差异明显,而草本层物种生态对策差异不明显。

References:

- [1] Liu X Y, Wu K Y. Study on the relationship between community stability and species diversity in Tiantong forest communities. *Journal of Biology*, 1999, 16(5):17—18.
- [2] Su Z Y, Wu D R, Chen B G. Niche characteristics of dominant populations in natural forest in north Guangdong. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(1):25—29.
- [3] Bai Y F, Chen Z Z. Effects of long-term variability of plant species and functional groups on stability of a *Leymus chinensis* community in the Xilin river basin, inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(63):641—647.
- [4] McCann K S. the diversity-stability debate, *Nature*, 2000, 405: 228—233.
- [5] Zhang J Y, Zhao H L. Spatial patterns of main species of the grassland community in the recovering succession in horqin sandy land. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(4):1—6.
- [6] Ding S Y. The Causes of *Castanopsis Fargesii* and *Schima Superba* Being Dominant Species of Series of Evergreen Broad-Leaved Forest in Zhejiang Tiantong. *Journal of Henan University(Natural Science)*, 2001, 31(1):79—83.
- [7] Liu Z M, Zhan X Y, Liu X M. Relationship between disturbance and vegetation. *Acta Prataculture Sinica*, 2002, 11(4):1—9.
- [8] Zeng F P, Peng W X, Song T Q. Changes in vegetation after 22 years' natural restoration in the karst disturbed area in northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(12):5110—5119.
- [9] Weng E S, Zhou G S. Defining plant functional types in china for global changes studies. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(1):81—97.
- [10] Bengtsson J. Which species? What kind of diversity? Which ecosystems function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem functions. *Application Soil Ecology*, 1998, 10:191—199.
- [11] Wang C T, Long R J, Ding L M. The effect of differences in functional group diversity and composition on plant community productivity in four types of alpine meadow community. *Biodiversity Science*, 2004, 12(4):403—409.
- [12] Tang H P, Jiang G M. Plant functional types and its significance in ecology research. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3):461—464.
- [13] Li R P, Liu Z M, Jiang D M, *et al.* Plant functional types and research methods. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(1): 102—106.
- [14] Jauffret S, Visser M. Assigning life-history traits to plant species to better qualify arid land degradation in Presaharian Tunisia. *Journal of Arid Environment*, 2003, 55, 1—28
- [15] Zhu Y J, Gao Q, *et al.* Aggregation of plant functional types based o models of stomatal conductance and photosynthesis. *Acta Phytocologica Sinica*, 2007, 31(5):873—882.
- [16] Niu S L, Jiang G M, Gao L M, *et al.* Comparison of photosynthesis and water use efficiency between three plant functional types in Hunshandak sandland. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 699—704.
- [17] Meng T T, Ni J, Wang G H. Plant functional traits, environments and ecosystem functioning. *Acta Phytocologica Sinica*, 2007, 31(1):150—165.
- [18] Story A, Moore R D, Macdonald J S. Steam temperatures in two shaded reaches below cutblocks and logging roads: downstream cooling linked to subsurface hydrology. *Can. J. For. Res.*, 2003, 33:1383—1396.
- [19] Stevens V F, Backhouse, Eriksson A. Riparian management in British Columbia: an important step towards maintaining biodiversity. B. C. Min. For., Res Branch, and B. C. Min. Environ., Lands and Parks, Habitat protection Branch, Victoria, B. C. Work, 1995. 13—30.
- [20] Risser P G. The ecological importance of land-water ecotones. In: R. J. Naiman and H. Decamps eds. *The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*, 1990. 4:7—21.
- [21] Gregory S V, Swanson F, McKee A, Cummins K. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 1991, 41: 540—550.
- [22] Macdonald J S, Beaudry E A, *et al.* The effects of forest harvesting and best management practices on streamflow and suspended sediment concentrations during snowmelt in headwater streams in sub-boreal forests of British Columbia, Canada. *Can. J. For Res.*, 2003, 33:1397—1407.
- [23] Naiman R J, Decamps H. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28: 621—658.
- [24] Naiman R J, Décamps H, McClain M E. *Riparia-Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*. Elsevier Academic Press, 2005.
- [25] Zhang X P, Wang M B, Zhang W F, *et al.*; Interspecific Relationships among Woody Plants of Forest Communities in Pangquangou National Nature

- Reserve at Mt. Guandi, Shanxi, China. Bulletin of Botanical Research, 2006, 27(3): 350—355, 371.
- [26] Zhang J T, Yang H X. Application of self-organizing neural networks to classification of plant communities in Pangquangou Nature Reserve, North China, Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(3): 1005—1010.
- [27] Nilsson C, Ekblad A, *et al.* A comparison of species richness and traits of riparian plants between a main river channel and its tributaries. J. Ecol., 1994, 82: 281—295.
- [28] Alcaraz F, Ríos S, Inocencio C, Robledo A. Variation in the riparian landscape of the Segura River Basin, SE Spain. J. Veg. Sci., 1997, 8: 597—600.
- [29] Pollock M M, Naiman R J, Hanley T A. Plant species richness in riparian wetlands—a test of biodiversity theory. Ecology, 1998, 79: 94—105.
- [30] Nilsson C, Svedmark M. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. Environmental Management, 2002, 30: 468—480.
- [31] LaRue P, Belanger L, Huot J. Riparian edge effects on boreal *balsam fir* bird communities. Canadian Journal of Forest Research, 1995, 25: 555—566.
- [32] Bohlen C C, King D M. Ecological principles of riparian buffer functions. Center for Environmental and Estuarine Studies. Technical Contribution UMCEES-CBL. University Maryland, College Park, Md., 1996.
- [33] Sugden-Newbery A, Turner M G. Forest community composition in riparian and upland sites in the Northern Highlands Lake District, Wisconsin, USA, Ecological Society of America, 2004.
- [34] Deng H B, Wang Q C, Dai L M, *et al.* Floral analysis of riparian plant communities on the northern slope of Changbai mountain. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(9): 1405—1410.
- [35] Yu D, Wu G, Shan C. W., *et al.* Diversity of macrophytes relative to heterogeneities of habitats in mountain-water ecotones, Acta Ecologica Sinica. 1998, 18(1): 69—75.
- [36] Wang G J, Wang S P, Hao Y B, *et al.* Effect of grazing on the plant functional group diversity and community biomass and their relationship along a precipitation gradient in Inner Mongolia Steppe. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(7): 1649—1656.
- [37] Wang Z W, Xing F, Zhu T C, *et al.* The response of functional group composition and species diversity of *Aneurolepidium chinenses* grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, Northeastern China. Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(6): 708—716.
- [38] Zheng S X, Shanguan Z P. Photosynthetic characteristics and their relationships with leaf nitrogen content and leaf mass per area in different plant functional types. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 171—181.
- [39] Zhang Z D, Zang R G. Predicting potential distribution of dominant woody plant keystone species in a natural tropical forest landscape of Bawangling, Hainan Island, South China. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(6): 1079—1091.
- [40] Zhang Z D, Zang R G. Influence of ecological factors on distribution of woody plant functional types in a natural tropical forest landscape, Bawangling, Hainan Island, south China. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(6): 1092—1102.

参考文献:

- [1] 刘小阳, 吴开亚. 天童森林植被的群落稳定型与物种多样性关系的研究. 生物学杂志, 1999, 16(5): 17—18.
- [2] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北天然林优势种群生态位研究. 应用生态学报, 2003, 14(1): 25—29.
- [3] 白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域草原群落植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定型的影响. 植物生态学报, 2000, 24(63): 641—647.
- [5] 张继义, 赵哈林. 科尔沁沙地草地植被恢复演替进程中群落优势种群空间分布格局研究. 生态学杂志, 2004, 23(4): 1—6.
- [6] 丁圣彦. 浙江天童常绿阔叶林演替系列栲树和木荷成为优势种的原因. 河南大学学报(自然科学版), 2001, 31(1): 79—83.
- [7] 刘志民, 赵晓英, 刘新民. 干扰与植被的关系. 草业科学, 2002, 11(4): 1—9.
- [8] 曾馥平, 彭晚霞, 宋同清, 等. 桂西北喀斯特人为干扰区植被自然恢复 22 年后群落特征. 生态学报, 2007, 27(12): 5110—5119.
- [9] 翁恩生, 周广胜. 用于全球变化研究的中国植物功能型划分. 植物生态学报, 2005, 29(1): 81—97.
- [11] 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响. 生物多样性, 2004, 12(4): 403—409.
- [12] 唐海萍, 蒋高明. 植物功能型及其生态学意义. 应用生态学报, 2000, 11(3): 461—464.
- [13] 李荣平, 刘志民, 蒋德明, 等. 植物功能型及其研究方法. 生态学杂志, 2004, 23(1): 102—106.
- [14] 朱玉洁, 高琼, 刘峻杉, 等. 基于气孔导度和光合模型的植物功能类群合并问题. 植物生态学报, 2007, 31(5): 873—882.
- [16] 牛书丽, 蒋高明, 高雷鸣, 等. 浑善达克沙地不同植物功能型光合作用和水分利用特征的比较. 生态学报, 2005, 25(4): 699—704.
- [17] 孟婷婷, 倪健, 王国宏. 植物功能形状与环境及生态系统功能. 植物生态学报, 2007, 31(1): 150—165.
- [25] 张先平, 王孟本, 张伟锋, 等. 庞泉沟自然保护区森林群落木本植物种间关系的分析. 植物研究, 2006, 27(3): 350—355, 371.
- [26] 张金屯, 杨洪晓. 自组织特征人工神经网络在庞泉沟自然保护区植物群落分类中的应用. 生态学报, 2007, 27(3): 1005—1010.
- [34] 邓红兵, 王青春, 代力民, 等. 长白山北坡河岸带群落植物区系分析. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1405—1410.
- [35] 于丹, 吴刚, 贻存卫, 等. 山地-水域交错区的生境异质性与水生植物多样性的关系研究. 生态学报, 1998, 18(1): 69—75.
- [36] 王国杰, 汪诗平, 郝彦宾, 等. 水分梯度上放牧对内蒙古主要草原群落功能群多样性与生产力关系的影响. 生态学报, 2005, 25(7): 1649—1656.
- [37] 王正文, 邢福, 祝廷成, 等. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应. 植物生态学报, 2002, 26(6): 708—716.
- [38] 郑淑霞, 上官周平. 不同功能型植物光合特性及其与叶氮含量、比叶重的关系. 生态学报, 2007, 27(1): 171—181.
- [39] 张志东, 臧润国. 海南岛霸王岭热带天然林景观中木本植物功能型分布的影响因素. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1092—1102.
- [40] 张志东, 臧润国. 海南岛霸王岭热带天然林景观中主要木本植物关键种的潜在分布. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1079—1091.