

文峪河上游河岸林的群落结构与多样性特征

高润梅, 郭晋平*, 郭跃东, 张东旭

(山西农业大学林学院, 山西 太谷 030801)

摘要:文峪河上游垂直河岸 40 m 的区域存在泛滥平原和山坡两种地貌。在实地踏查和河岸林群落划分的基础上,对河岸带两种地貌的森林群落结构与多样性进行了差异比较,以期为该区河岸带宽度确定提供植被依据。结果表明,56 个样地分别属于 13 种群落,泛滥平原的林分密度、物种丰富度与植物多样性都显著大于毗邻山坡,而林木断面积与均匀度在两种地貌之间的差异不明显;两种地貌的物种组成相似性较高,共有物种达 75.13%,乔木优势种基本一致,但华北落叶松在斜坡的优势地位更突出;34 种植物仅出现于泛滥平原,多为喜湿种类,13 种旱生植物仅出现于山坡;基于以上考虑,洪水对本区植被的影响范围在 20 m 之内。

关键词:文峪河上游;河岸地貌;植被

中图分类号:S718.54

文献标识码:A

Community Structure and Plant Diversity Characteristics of Riparian Forests on Upper Reaches of Wenyuhe River

GAO Run-mei, GUO Jin-ping, GUO Yue-dong, ZHANG Dong-xu

(College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

Abstract: There exist two geomorphologic types (landscapes) on the area 40 meters away from the upper reaches of Wenyuhe River, i. e. floodplain and slope. The plots are divided into two areas: 0—20 meters and 20—40 meters away from the riparian. The floodplain is in the former area while the slope in the latter. On the basis of field survey and riparian forest community classification, the differences of forest community structure and diversity of the two landscapes were compared, serving for riparian width speculation. The results are as follows. With TWINSpan and DCA, the 56 plots belong to 13 kinds of community, and the stand density, species richness and plant diversity of riparian forest are higher than that on the neighboring slope, but the differences of tree breast-area and evenness of the forests between the two landscapes are not significant, while the species similarity of the two landscapes is high, the common species is accounted to 75.13%. The dominant tree species are similar in the two landscapes, but *Larix principis-rupprechtii* grown on slope is more outstanding than that on floodplain. There are 34 plant species exist only on floodplain, most of which are wetland plants. 13 xerophytes species are merely exist on slope. Based on the situation mentioned above, it is deduced that the influence of flood on plant flora is limited to the area 20 meters away from riparian.

Key words: upper reaches of Wenyuhe River; riparian landscape; vegetation

河岸林是位于水陆交错区的复杂生态系统,在流域系统中发挥着独特的水文和环境功能^[1-2],对维护流域景观稳定性和生态安全发挥着特殊作用^[3-6]。对河岸林(带)的研究起步较晚,20 世纪 70

收稿日期:2010-05-25

基金项目:国家自然科学基金项目(30470316)

作者简介:高润梅(1974—),女,山西繁峙人,博士,主要从事森林生态、森林培育和植物学方面的研究工作。E-mail: gao_runmei@yahoo.com.cn

* 通讯作者:郭晋平(1963—),男,教授,博导,从事森林生态、森林培育和景观生态方面的教学科研工作。E-mail: jinping@sohu.com

年代末才有了正式定义,80 年代中期,随着湿地损失、河流生物多样性减少以及农业非点源污染等问题的提出^[5],河岸林(带)研究的重要性突现,目前已开展了对河岸林多样性^[6-7]、河岸植物适应性^[4,8]、河岸植被时空格局^[9-10]、河岸林利用对河岸带和溪流的生态影响^[11-12]、河岸带水文地貌效应^[1]及河岸带保护管理^[13-15]的研究。河岸林生物生境功能和多样性的研究对于深入了解河岸林群落的组成、结构、功能、演替动态和群落的稳定性具有重要意义^[1-4]。而河岸带的功能实现与河岸带宽度密切相关,因此,河岸带宽度确定是河岸带研究的重要领域之一。

目前,我国江河上游源区的河岸带已遭受严重干扰和破坏,河岸植被的恢复与重建工作亟待加强,而洪水及其漫溢干扰对河岸植被的结构组成、分布格局和受损生态系统的恢复起着重要作用^[16-17]。鉴于此,本文以文峪河上游的典型河岸林群落为研究对象,开展不同河岸地貌的植被特征差异比较,通过对河岸林的群落结构与多样性研究,为本区河岸带宽度确定提供植被方面的依据,以期为该区河岸林的恢复与重建工作提供理论和技术支撑。

1 研究地区概况

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,地理坐标为 111°21′~111°37′ E,37°45′~37°59′ N。气候属受季风影响和控制的暖温带大陆性山地气候,年均温 4.2℃,年均降水量 822.6 mm。区内植物资源丰富,河岸树种主要有青杆(*Picea wilsonii* Mast.)、白杆(*P. meyeri* Rehd. et Wils.)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)、红桦(*Betula albo-sinensis* Burk.)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz.)、青杨(*Populus cathayana* Rehd.)和白桦(*Betula platyphylla* Suk.)等^[18]。沿文峪河上游主河道及各支流两侧分布有不同的群落类型,既有遭受了不同程度人为干扰破坏的群落,也有典型的地带性植被群落,为河岸林的植被生态学研究提供了便利条件。

2 研究方法

2.1 样地设置与群落类型划分

根据已有的调查数据和图面材料,结合实地踏查,于 2006 年在文峪河上游的主河道及各支流人为干扰较少的地段,以平行于溪流为短边,垂直于溪流为长边,设置 56 个 20 m×40 m 的长方形样地,各样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本概况

样地	位置	海拔/m	坡度	坡向	样地	位置	海拔/m	坡度	坡向
1	八道沟	2 080	18	S59°W	22	庞泉沟	1 818	0	S46°W
2	八道沟	2 099	10	N30°E	23	郝家沟	1 863	13	N30°E
3	八道沟	2 013	4	N75°W	24	郝家沟	1 827	16	S27°W
4	八道沟	2 012	4	W	25	八水沟	1 855	0	S63°E
5	八道沟	1 990	15	W	26	八水沟	1 785	4	S46°W
6	八道沟	1 980	22	S29°W	27	八水沟	1 818	2	N78°W
7	八道沟	1 955	26	S40°W	28	八水沟	2 100	0	S26°W
8	八道沟	1 950	5	N27°E	29	大沙沟	1 940	22	N38°W
9	绿色长廊	2 270	0	N66°E	30	大沙沟	1 932	4	N74°W
10	绿色长廊	2 220	1	N68°E	31	大沙沟	1 895	0	N78°W
11	绿色长廊	2 020	10	N07°E	32~35	八道沟	1 950	23	S60°E
12	绿色长廊	1 844	3	S22°E	36~39	大沙沟	1 935	15	N20°W
13	大背沟	2 030	26	S56°W	40~43	庞泉沟	1 830	8	S73°W
14	大背沟	2 030	40	N54°W	44~45	郝家沟	1 820	25	S40°E
15	大背沟	1 895	27	N52°W	46~49	回回沟	1 780	17	S20°E
16	神尾沟	2 144	39	S29°E	50~52	郝家沟	1 680	2	S05°E
17	神尾沟	2 135	36	S09°W	53	卧牛坪	2 250	25	S30°E
18	神尾沟	2 010	15	S34°E	54	卧牛坪	2 250	33	S57°E
19	庞泉沟	1 869	0	S07°E	55	卧牛坪	2 240	25	S02°E
20	庞泉沟	1 860	4	S20°E	56	卧牛坪	2 070	25	N15°E
21	庞泉沟	1 834	5	S15°W					

根据已有的河岸带谷底地形等级结构和植物群落格局研究^[1]和实地河岸地貌踏查,研究地区垂直河岸带 40 m 的距离单元包括了泛滥平原和山坡地貌。其中,泛滥平原大致为距离河岸 20 m 以内的区域,20 m 以外则为山坡地貌。鉴于此,本研究将长方形样地区分成两个方形样地,在方形样地的四角和中心各设置 2 m × 2 m 的灌木样地 5 个和 1 m × 1 m 的草本样地 5 个,进行群落学调查,计算植物重要值:

乔木重要值 = (相对多度 + 相对优势度 + 相对频度) × 100/3^[19];

灌木重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对高度 + 相对盖度) × 100/4^[20];

草本重要值 = (相对频度 + 相对高度 + 相对盖度) × 100/3^[19]。

以样地的植物重要值为基础数据,采用 VES-PAN 软件包中的 TWINSpan 结合 CANOCO 软件包中的 DCA 进行样地分类,群落以优势种或共建种的名称命名之。

2.2 群落林分密度与断面积

对样地内胸径 ≥ 7.5 cm 的林木株数进行每木调查,通过计算得各样地的林分密度和断面积,以 SAS8.1 软件包进行方差分析,比较各群落林分密度和断面积在不同河岸地貌之间的差异。

2.3 群落物种组成与植物多样性

汇总所记录的植物种类,比较不同河岸地貌的植物种类,并采用 Cz 系数比较二者植物组成的相似程度:

Cz 系数 = $2a/(2a + b + c)$, a 为两种地貌共有的植物种类, b 、 c 分别为两种地貌的独有种数。

采用 5 种多样性指标分层计算各群落不同河岸地貌的植物多样性:

丰富度指数: $R = N$

Simpson 指数: $S = 1 - \sum P_i^2$

Shannon-Wiener 指数: $SW = - \sum P_i \ln P_i$

以 Simpson 指数为基础的 Pielous 均匀度指数:

$$P_s = (1 - \sum P_i^2)/(1 - 1/N)$$

以 Shannon-Wiener 指数为基础的 Pielous 均匀度指数:

$$P_{sw} = (- \sum P_i \ln P_i)/\ln N$$

其中, P_i 为植物重要值, N 为样地植物总数。

由于乔木层、灌木层和草本层对群落结构、功能

与稳定性的贡献不同,因此分别赋予其 0.5、0.3 和 0.2 的权重系数,计算各群落的总体多样性。

$S = W_1 S_1 + W_2 S_2 + W_3 S_3$, S 为群落总体多样性, W_1 、 W_2 、 W_3 为各层的权重系数, S_1 、 S_2 、 S_3 为各层的植物多样性。

3 结果与分析

3.1 群落类型划分

由 TWINSpan 第 5 级划分结果结合样地排序(图 1),将河岸林划分为 13 种群落类型:1. 青杨林 PCS,包括样地 50 ~ 52;2. 青杨辽东栎混交林 PCL,包括样地 22, 34, 39;3. 青杨白桦混交林 CPM,包括样地 12, 19 ~ 21, 25, 40;4. 杨桦落叶松混交林 CPP,包括样地 3, 4, 14, 16, 29, 41;5. 青杨白杆混交林 CMM,包括样地 23, 27, 37;6. 杨桦青杆混交林 CPW,包括样地 2, 5, 38, 42, 43, 56;7. 油松白桦混交林 TPM,包括样地 44, 46 ~ 49;8. 落叶松辽东栎混交林 PRL,包括样地 32 ~ 35, 45;9. 落叶松青杨混交林 PCP,包括样地 6, 17, 18, 28;10. 白杆杨桦混交林 MCP,包括样地 30, 31, 36;11. 落叶松白杆混交林 PRM,包括样地 13, 15, 26;12. 落叶松青杆混交林 PRW,包括样地 1, 7, 8, 53 ~ 55;13. 青杆林 PWS,包括样地 9 ~ 11。这一划分结果列出了群落的共建种或亚优势种,是对已有划分群落类型^[20]的细化和完善。

由图 1 可知,各群落类型在排序图上呈现有规律分布:青杨林 PCS 多分布于低海拔阳坡,位于排序图的右下方,生境特点是干热;而生于高海拔阴坡的青杆林 PWS 位于排序图的左上端,生境特点是冷湿;青杨白杆混交林 CMM 和杨桦青杆混交林 CPW 为阔叶树和针叶树混交,湿度和温度组合相对较好,位于排序图的中心部位。群落分布揭示了一定的环境梯度:第 1 轴基本反映环境的湿度梯度,沿 DCA1 轴从右到左,坡向由阳坡向阴坡逐渐过渡,森林群落从青杨林 PCS 向青杆林 PWS 过渡,即由于干到湿的变化;第 2 轴基本反映环境的海拔梯度,从下到上,由生长在低海拔的青杨林 PCS 和青杨白桦混交林 CPM 到生长于高海拔的青杆林 PWS,海拔逐渐升高。

3.2 群落林分密度与断面积

国外有关温带和热带河岸林群落特征的研究表明,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^[1,3]。

3.2.1 林分密度 文峪河上游不同河岸地貌的林分密度存在显著差异,由表 2 知,泛滥平原的林分密度($1\ 335.64 \pm 36.55$ 株· hm^{-2})显著大于山坡($1\ 137.23 \pm 33.72$ 株· hm^{-2}),但在不同的群落类型中,林分密度在两种地貌之间的大小差异并不一

致:群落 CPM、CMM、CPW、PRL、PCP、PRM、PRW 和 PWS 中,泛滥平原的林分密度大于山坡,但只有群落 PCP 存在显著差异;群落 PCS、PCL、CPP、TPM 和 MCP 中,泛滥平原的林分密度较小,但差异不显著。

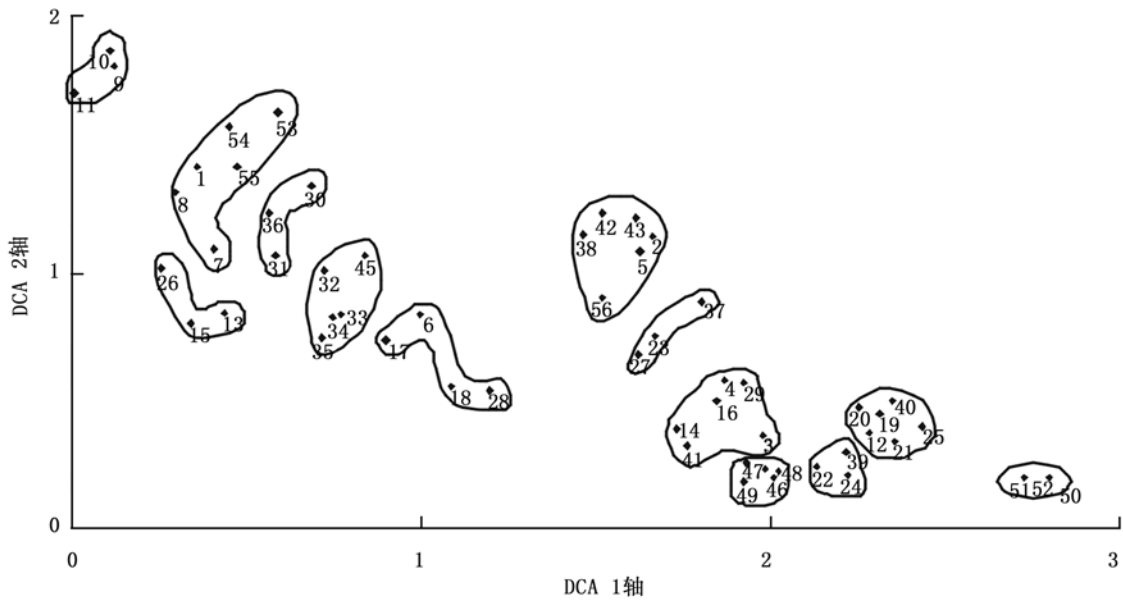


图 1 样地 DCA 二维排序图

表 2 不同河岸地貌的群落林分密度和断面积

群落	林分密度/(株· hm^{-2})			断面积/(m^2 · hm^{-2})		
	泛滥平原	山坡	$Pr > F$	泛滥平原	山坡	$Pr > F$
1 PCS	$1\ 250.00 \pm 66.14$	$1\ 300.00 \pm 44.57$	0.26	60.78 ± 17.78	61.66 ± 8.78	0.94
2 PCL	$1\ 550.00 \pm 39.37$	$1\ 716.67 \pm 41.43$	0.53	23.68 ± 16.92	9.74 ± 2.84	0.23
3 CPM	$1\ 250.00 \pm 375.83$	760.00 ± 354.26	0.07	32.85 ± 26.98	16.69 ± 19.93	0.31
4 CPP	820.83 ± 263.63	970.00 ± 557.45	0.75	25.10 ± 6.47	28.47 ± 10.89	0.57
5 CMM	$1\ 983.33 \pm 700.6$	866.67 ± 854.89	0.15	28.25 ± 22.21	8.80 ± 7.14	0.22
6 CPW	$1\ 208.33 \pm 353.85$	$1\ 033.33 \pm 728.58$	0.73	31.63 ± 13.97	17.22 ± 12.69	0.26
7 TPM	$1\ 543.75 \pm 247.80$	$1\ 800.00 \pm 223.66$	0.08	36.89 ± 12.22	66.97 ± 4.02	0.02 *
8 PRL	$1\ 431.25 \pm 845.92$	$1\ 075.00 \pm 556.66$	0.43	37.77 ± 12.75	55.39 ± 2.35	0.03 *
9 PCP	$1\ 600.00 \pm 570.09$	850.00 ± 168.33	0.04 *	54.92 ± 13.91	36.30 ± 8.44	0.06
10 MCP	$1\ 191.67 \pm 437.56$	$1\ 516.67 \pm 292.97$	0.35	48.77 ± 7.97	21.49 ± 7.69	0.02 *
11 PRM	$1\ 100.00 \pm 427.20$	450.00 ± 304.14	0.09	28.28 ± 12.86	10.67 ± 3.48	0.08
12 PRW	$1\ 343.75 \pm 993.39$	837.50 ± 587.90	0.42	29.97 ± 12.97	44.34 ± 20.71	0.28
13 PWS	$1\ 650.00 \pm 876.07$	$1\ 516.67 \pm 1\ 012.83$	0.87	41.10 ± 11.13	32.81 ± 20.63	0.57
(平均)	$1\ 335.64 \pm 572.82$	$1\ 137.23 \pm 565.78$	0.03 *	36.50 ± 17.38	32.45 ± 21.91	0.32

3.2.2 断面积 泛滥平原的林木断面积(36.50 ± 17.38 m^2 · hm^{-2})大于山坡(32.45 ± 21.91 m^2 · hm^{-2}),但二者差异不显著。不同群落类型中,断面积在两种河岸地貌之间的大小关系也不一致:群落 MCP 中,泛滥平原的断面积(48.77 ± 7.97 m^2 · hm^{-2})较大,且存在显著差异;而群落 TPM 和 PRL 与之相反。

泛滥平原的林分密度和断面积平均值均大于山坡,但在不同群落这种大小关系并不一致。原因在于,林分密度和断面积的大小与群落所处的地貌和演替阶段有关,如太平洋沿海地区树木密度为 $42 \sim 793$ 株· hm^{-2} ,西加云杉(*Picea sitchensis* Carr.)的断面积为 $29 \sim 83$ m^2 · hm^{-2} [4];此外,所设样地多处于保护区的实验区或缓冲区范围,保护程度较低,常有

放牧、伐樵等现象发生,河岸带水源的存在,也增加了牲畜对毗邻植被的践踏、吞噬和啃咬。

3.3 群落物种组成与植物多样性

俄勒冈州的研究表明,河岸群落拥有两倍于山地群落的物种,美国华盛顿的凯斯凯地山区与东部内华达山脉的河岸林也存在同样的物种丰富度格局^[21],河岸带植物群落物种组成丰富且变化较大,植物多样性指数通常维持在较高水平^[1,3],同时还具有垂直结构复杂、异龄立木和枯立木共存的特点^[3]。国内也有此类报道,河水漫溢对地表植被产生影响^[16-17],河岸林具有丰富的物种组成和多样性^[22-23]。

3.3.1 物种组成 对56个样地内记录的植物种类进行汇总,泛滥平原出现176种,山坡155种,二者

的共有植物为142种,占植物总数的75.13%。两种地貌的植物种类表现出与其所处环境的高度响应:由表3知,34种植物仅出现于泛滥平原,多为典型的喜湿种类,如酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium* L.)、驴蹄草(*Caltha palustris* L.)、华金腰(*Chrysosplenium sinicum* Maxim.)、牛蒡(*Actium lappa* L.)、芦苇(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)、莎草(*Cyperus rotundus* Linn.)等;13种植物仅出现于山坡,多为强阳性的旱生种类,如瞿麦(*Dianthus superbus* L.)、直立黄芪(*Astragalus adsurgens* Pall.)、岩败酱(*Patrinia rupestris* (Pall.) Duf.)、茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb.)、铁杆蒿(*A. sacrorum* Ledeb.)等。

表3 不同河岸地貌的植物种类

地貌	植物种类
泛滥平原	山定子(<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.), 杜梨(<i>Pyrus betulaefolia</i> Bunge), 刚毛忍冬(<i>Lonicera hispida</i> Pall. ex Roem. et Schult.), 酸模叶蓼, 箭叶蓼(<i>Polygonum sieboldii</i> Meisn), 地肤(<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schral), 灰绿藜(<i>Chenopodium glaucum</i> Linn.), 蝇子草(<i>Silene repens</i> Patr.), 大火草(<i>Anemone tomentosa</i> (Maxim.) Pei), 驴蹄草, 翠雀(<i>Delphinium grandiflorum</i> Linn.), 落新妇(<i>Astilbe chinensis</i> (Maxim.) Flanch. et Sav.), 华金腰, 牻牛儿苗(<i>Erodium stephanianum</i> Willd.), 前胡(<i>Peucedanum praeruptorum</i> Dunn), 囊本(<i>Ligusticum jeholense</i> Nakai et Kitag.), 宽叶羌活(<i>Notopterygium forbesii</i> Boiss.), 变豆菜(<i>Sanicula chinensis</i> Bunge), 白芷(<i>Angelica dahurica</i> Benth.), 藏报春(<i>Primula sinensis</i> Lindl.), 胭脂花(<i>Primula maximowiczii</i> Regel.), 湿生扁蕾(<i>Gentianopsis paludosa</i> (Hook. f.) Mavar. <i>paludosa</i>), 牛蒡, 附地菜(<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trev.) Benth.), 疗齿草(<i>Odontites serotina</i> (Lam.) Dum), 党参(<i>Codonopsis pilosula</i> (Franch.) Nannf.), 高山蓍(<i>Achillea alpina</i> Linn.), 苦苣菜(<i>Ixeris denticulate</i> (Houtt.) Nakai), 盘果菊(<i>Prenanthes yakoensis</i> J. F. Jeffrey ex Diels), 蒲公英(<i>Taraxacum mogolicum</i> Hand.-Mazz.), 芦苇, 华北白前(<i>Cynanchum hancockianum</i> (Maxim.)), 天门冬(<i>Asparagus dauricus</i> Link.), 莎草。
山坡	卷耳(<i>Cerastium arvense</i> Linn.), 瞿麦, 类叶升麻(<i>Actaea asiatica</i> Hara), 直立黄芪, 黄香草木樨(<i>Melilotus officinalis</i> Desr.), 益母草(<i>Leonurus sibiricus</i> Linn.), 甘露子(<i>Stachys sieboldii</i> Miq.), 岩败酱, 茵陈蒿, 铁杆蒿, 鳢蓟(<i>Olgaea leucophylla</i> Iljin), 紫斑风铃草(<i>Campanula punctata</i> Lam.), 斑叶兰(<i>Goodyera schlechtendaliana</i> Rehb.)

由于河岸地形的复杂性,加上洪水和风害等的自然干扰和一定程度的人为干扰,河岸生境的时空异质性很高^[20]。由表4知,群落乔木组成较复杂,多数优势种不明显,形成混交林。多数群落不同地貌的乔木优势种基本一致,但群落PRW存在差异:在泛滥平原,青杆优势明显,华北落叶松为亚优势种;而在山坡,华北落叶松为优势种,亚优势种为红桦。即华北落叶松在山坡的优势地位更为突出,这在群落PRL、PCP和PRM也有体现。

群落灌木层和草本层的优势种以耐干扰种为主,如沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、刺李(*Ribes alpestre* Wall. ex Decne.)、山刺玫(*Rosa davurica* Pall.)、绣线菊(*Spiraea pubescens* Turcz.)、苔草(*Carex lanceolata* Boott)、艾蒿(*Artemisia argyi* Levl. et Vant.)、龙牙草(*Agrimonia pilosa* Ledeb.)等。不

同地貌之间的灌木层和草本层优势种存在一定差异,其中群落PCS的差异最大。

以Cz系数反映不同地貌物种组成上的相似程度:青杨林(PCS)除外的12个群落,泛滥平原与山坡的Cz系数均大于0.50,反映了二者在物种组成上较高的相似性。

3.3.2 植物多样性 靠近河岸区域拥有丰富的植物多样性:由表5知,泛滥平原的物种丰富度(36.43±6.38种)极显著大于山坡(29.28±3.75种);泛滥平原的Simpson和Shannon-Wiener指数均极显著大于山坡,且二者在群落CMM、TPM、PRL、PRM和PRW的差异达显著或极显著水平。究其原因,由于洪水的频繁干扰,河岸附近区域形成复杂的微地形和多样的小气候,继而引起植被与多样性的变化,这与凯斯凯地山区和内华达山脉的报道一

致^[21]。关于河岸带植物均匀度的研究尚未见报道, 异,甚至在群落 PCS、TPM 和 PRL 中,泛滥平原的均
本研究中,泛滥平原与山坡的植物均匀度无显著差 匀度指数 P_s 、 P_{site} 显著或极显著小于山坡。

表 4 不同河岸地貌的群落物种组成及其相似性

群落	乔木优势种 (V_i)		灌木优势种 (V_i)		草本优势种 (V_i)		C_s
	泛滥平原	山坡	泛滥平原	山坡	泛滥平原	山坡	
1 PCS	青杨 1.00	青杨 1.00	沙棘 0.33 刺李 0.31 山楂 0.26	山麻子 0.25 柃子 0.25 山刺玫 0.24	鹅观草 0.11 乌头 0.08 艾蒿 0.08	草莓 0.12 苔草 0.09 早熟禾 0.08	0.22
2 PCL	青杨 0.50 辽东栎 0.27	青杨 0.44 辽东栎 0.24 油松 0.15	毛榛 0.20 茶条槭 0.11 沙棘 0.10	毛榛 0.18 茶条槭 0.18 沙棘 0.18	苔草 0.20 蕨 0.11 唐松草 0.09	苔草 0.23 蕨 0.10 唐松草 0.08	0.61
3 CPM	青杨 0.50 白桦 0.20 红桦 0.10	青杨 0.29 白桦 0.42 红桦 0.12	沙棘 0.19 刺李 0.17 山刺玫 0.18	山刺玫 0.33 绣线菊 0.13 黄芦木 0.12	早熟禾 0.14 唐松草 0.13 苔草 0.11	早熟禾 0.23 苔草 0.11 龙牙草 0.06	0.68
4 CPP	青杨 0.41 白桦 0.25 落叶松 0.23	青杨 0.32 白桦 0.22 落叶松 0.30	忍冬 0.32 绣线菊 0.17 刺李 0.15	绣线菊 0.22 山刺玫 0.20 刺李 0.16	苔草 0.22 八宝茶 0.19 小红菊 0.10	苔草 0.26 八宝茶 0.12 小红菊 0.09	0.56
5 CMM	青杨 0.31 白杆 0.29 白桦 0.26	青杨 0.22 白桦 0.21 白杆 0.35	花楸 0.19 毛榛 0.15 黄芦木 0.13	山麻子 0.15 毛榛 0.14 柃子 0.11	苔草 0.17 早熟禾 0.13 唐松草 0.08	苔草 0.19 早熟禾 0.19 唐松草 0.09	0.57
6 CPW	青杨 0.36 白桦 0.30 青杆 0.24	青杨 0.31 白桦 0.20 青杆 0.28	山麻子 0.23 山刺玫 0.22 荚蒾 0.20	忍冬 0.24 悬钩子 0.18 山麻子 0.16	苔草 0.23 八宝茶 0.16 风毛菊 0.13	苔草 0.24 早熟禾 0.12 八宝茶 0.10	0.62
7 TPM	油松 0.46 白桦 0.31 落叶松 0.18	油松 0.35 白桦 0.26 落叶松 0.32	山定子 0.14 山刺玫 0.12 胡枝子 0.10	毛榛 0.17 山楂 0.16 忍冬 0.16	苔草 0.13 草莓 0.06 小红菊 0.05	苔草 0.26 小红菊 0.10 唐松草 0.08	0.63
8 PRL	落叶松 0.54 辽东栎 0.16 青杨 0.13	落叶松 0.67 辽东栎 0.16 白桦 0.11	花楸 0.16 茶条槭 0.15 毛榛 0.12	毛榛 0.24 茶条槭 0.18 胡枝子 0.16	升麻 0.18 苔草 0.16 野胡萝卜 0.11	苔草 0.16 升麻 0.15 山尖子 0.10	0.68
9 PCP	落叶松 0.42 青杨 0.24 白桦 0.19	落叶松 0.65 青杆 0.11	绣线菊 0.25 忍冬 0.19 山刺玫 0.14	忍冬 0.20 绣线菊 0.17 山刺玫 0.11	苔草 0.32 八宝茶 0.18 草莓 0.09	苔草 0.28 小红菊 0.20 八宝茶 0.15	0.72
10 MCP	白杆 0.37 青杨 0.21 白桦 0.18	白杆 0.23 青杨 0.39 白桦 0.35	毛榛 0.26 山楂 0.22 花楸 0.20	毛榛 0.20 山楂 0.19 柃子 0.18	苔草 0.22 八宝茶 0.13 唐松草 0.10	苔草 0.27 八宝茶 0.08 唐松草 0.08	0.54
11 PRM	落叶松 0.47 白杆 0.26	落叶松 0.57 白杆 0.20	绣线菊 0.21 山刺玫 0.16 银露梅 0.10	刺李 0.27 柃子 0.25 绣线菊 0.21	苔草 0.22 糙苏 0.12 小红菊 0.09	苔草 0.20 风毛菊 0.17 草莓 0.12	0.70
12 PRW	青杆 0.47 落叶松 0.19	落叶松 0.73 红桦 0.20	山刺玫 0.21 忍冬 0.15 绣线菊 0.11	山刺玫 0.19 忍冬 0.19 绣线菊 0.14	苔草 0.24 八宝茶 0.15 紫菀 0.06	苔草 0.26 八宝茶 0.15 小红菊 0.12	0.71
13 PWS	青杆 0.86	青杆 0.67 白桦 0.13 辽东栎 0.11	忍冬 0.19 毛榛 0.17 绣线菊 0.13	毛榛 0.19 绣线菊 0.11 柃子 0.10	苔草 0.47 唐松草 0.07 舞鹤草 0.06	苔草 0.34 唐松草 0.07 舞鹤草 0.12	0.67

山楂 (*Crataegus cuneata* Sieb. et Zucc.); 毛榛; (*Corylus mandshurica* Maxim. et Rupr.); 茶条槭 (*Acer ginnala* Maxim.); 沙棘 (*Cornus bretschneideri* (L. Henry) Sojak); 忍冬 (*Lonicera chrysantha* Turcz.); 花楸 (*Sorbus discolor* Maxim.); 黄芦木 (*Berberis amurensis* Rupr.); 山麻子 (*Ribes mandshuricum* (Maxim.) Kom.); 荚蒾 (*Viburnum schensianum* Maxim.); 胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz.); 银露梅 (*Pentaphylloides glabra* Lodd.); 柃子 (*Cotoneaster acutifolius* Turcz.); 鹅观草 (*Roegneria kamoji* Ohwi); 乌头 (*Aconitum kusnezoffii* Reichb.); 蕨 (*Botrychium lunaria* (L.) Sw.); 早熟禾 (*Poa annua* L.); 唐松草 (*Thalictrum petaloideum* L.); 八宝茶 (*Euonymus przewalskii* Maxim.); 小红菊 (*Dendranthema chanelii* (Levl.) Shih); 风毛菊 (*Saussurea amara* (L.) DC.); 升麻 (*Cimicifuga foetida* L.); 野胡萝卜 (*Daucus carota* L.); 草莓 (*Fragaria orientalis* Losina-Losinsk.); 糙苏 (*Phlomis umbrosa* Turcz.); 紫菀 (*Aster ageratoides* Turcz.); 舞鹤草 (*Maianthemum bifolium* (L.) Fr. Schmidt.)

表5 不同河岸地貌的群落总体多样性

群落	地貌	Richness		Simpson		Shannon-Wiener		P_s		P_{sw}	
		指数	$Pr > F$	指数	$Pr > F$	指数	$Pr > F$	指数	$Pr > F$	指数	$Pr > F$
1 PCS	平原	34.33 ± 0.58	<0.01 **	0.73 ± 0.01	0.48	2.08 ± 0.03	0.07	0.75 ± 0.01	0.20	0.59 ± 0.01	<0.01 **
	山坡	31.00 ± 0.22		0.73 ± 0.00		2.12 ± 0.00		0.75 ± 0.00		0.62 ± 0.00	
2 PCL	平原	32.00 ± 5.29	0.24	0.89 ± 0.03	1.00	2.72 ± 0.20	0.69	0.92 ± 0.03	0.79	0.80 ± 0.07	0.57
	山坡	25.33 ± 6.51		0.89 ± 0.04		2.65 ± 0.24		0.92 ± 0.05		0.83 ± 0.09	
3 CPM	平原	32.60 ± 2.19	0.02 *	0.87 ± 0.02	0.10	2.58 ± 0.09	0.12	0.90 ± 0.02	0.11	0.74 ± 0.04	0.30
	山坡	27.20 ± 3.63		0.81 ± 0.07		2.30 ± 0.35		0.84 ± 0.07		0.70 ± 0.08	
4 CPP	平原	32.40 ± 5.37	0.07	0.86 ± 0.04	0.26	2.53 ± 0.19	0.38	0.89 ± 0.04	0.32	0.73 ± 0.04	0.97
	山坡	27.00 ± 1.87		0.83 ± 0.06		2.40 ± 0.24		0.86 ± 0.06		0.73 ± 0.07	
5 CMM	平原	37.67 ± 3.51	0.03 *	0.91 ± 0.04	0.04 *	2.97 ± 0.35	0.09	0.94 ± 0.04	0.05	0.82 ± 0.08	0.14
	山坡	30.60 ± 1.15		0.85 ± 0.01		2.52 ± 0.03		0.87 ± 0.01		0.74 ± 0.01	
6 CPW	平原	35.00 ± 1.00	0.17	0.87 ± 0.03	0.96	2.57 ± 0.21	0.88	0.90 ± 0.03	0.88	0.72 ± 0.06	0.53
	山坡	32.00 ± 3.00		0.87 ± 0.03		2.59 ± 0.04		0.90 ± 0.03		0.75 ± 0.03	
7 TPM	平原	49.25 ± 1.50	<0.01 **	0.90 ± 0.02	0.42	3.06 ± 0.12	<0.01 **	0.92 ± 0.02	0.05	0.78 ± 0.03	0.01 *
	山坡	29.00 ± 3.32		0.91 ± 0.00		2.80 ± 0.00		0.94 ± 0.00		0.83 ± 0.00	
8 PRL	平原	44.00 ± 0.82	<0.01 **	0.91 ± 0.01	<0.01 **	3.00 ± 0.03	<0.01 **	0.93 ± 0.01	<0.01 **	0.79 ± 0.01	<0.01 **
	山坡	33.00 ± 4.33		0.88 ± 0.00		2.84 ± 0.00		0.90 ± 0.00		0.81 ± 0.00	
9 PCP	平原	33.75 ± 0.96	0.04 *	0.87 ± 0.04	0.16	2.61 ± 0.18	0.11	0.90 ± 0.05	0.18	0.74 ± 0.05	0.30
	山坡	27.0 ± 4.97		0.81 ± 0.07		2.31 ± 0.27		0.84 ± 0.06		0.70 ± 0.05	
10 MCP	平原	33.67 ± 4.51	0.23	0.91 ± 0.01	0.11	2.88 ± 0.13	0.06	0.95 ± 0.02	0.13	0.82 ± 0.03	0.24
	山坡	28.6 ± 4.16		0.83 ± 0.07		2.48 ± 0.23		0.86 ± 0.07		0.74 ± 0.09	
11 PRM	平原	32.00 ± 1.73	0.16	0.87 ± 0.04	0.05 *	2.59 ± 0.20	0.08	0.90 ± 0.04	0.06	0.75 ± 0.05	0.08
	山坡	28.0 ± 3.61		0.81 ± 0.00		2.27 ± 0.13		0.84 ± 0.01		0.68 ± 0.01	
12 PRW	平原	38.33 ± 10.69	0.30	0.90 ± 0.00	0.09	2.74 ± 0.14	0.03 *	0.92 ± 0.00	0.12	0.76 ± 0.02	0.15
	山坡	30.67 ± 3.79		0.81 ± 0.07		2.35 ± 0.14		0.84 ± 0.07		0.69 ± 0.06	
13 PWS	平原	38.00 ± 6.08	0.34	0.82 ± 0.08	0.92	2.44 ± 0.26	0.76	0.85 ± 0.09	0.90	0.67 ± 0.10	0.62
	山坡	33.67 ± 3.21		0.83 ± 0.09		2.51 ± 0.28		0.86 ± 0.09		0.72 ± 0.09	
平均	平原	36.43 ± 6.38	<0.01 **	0.87 ± 0.05	<0.01 **	2.69 ± 0.10	<0.01 **	0.90 ± 0.06	0.06	0.75 ± 0.07	0.32
	山坡	29.28 ± 3.75		0.84 ± 0.06		2.48 ± 0.07		0.87 ± 0.06		0.73 ± 0.08	

由表6知,群落乔木层和草本层的 Richness、Simpson 和 Shannon-Wiener 指数在泛滥平原与山坡之间存在显著差异,而在灌木层的差异不显著。由

此推断,洪水对河岸植物多样性的影响主要在于乔木层和草本层,对灌木层影响甚微。

表6 不同河岸地貌的群落分层多样性

多样性指数	地貌	乔木层		灌木层		草本层	
		平均	$Pr > F$	平均	$Pr > F$	平均	$Pr > F$
Richness	泛滥平原	3.98 ± 1.60		8.07 ± 2.97		24.28 ± 4.62	
	山坡	1.86 ± 1.36	<0.01 **	7.57 ± 2.67	0.40	14.60 ± 3.82	<0.01 **
Simpson	泛滥平原	0.56 ± 0.21		0.82 ± 0.08		0.90 ± 0.05	
	山坡	0.42 ± 0.24	<0.01 **	0.82 ± 0.10	0.84	0.85 ± 0.04	0.02 *
Shannon-Wiener	泛滥平原	1.13 ± 0.29		1.80 ± 0.50		2.77 ± 0.29	
	山坡	0.90 ± 0.30	<0.01 **	1.78 ± 0.27	0.81	2.58 ± 0.26	<0.01 **
P_s	泛滥平原	0.82 ± 0.10		0.96 ± 0.09		0.94 ± 0.05	
	山坡	0.82 ± 0.14	0.41	0.96 ± 0.08	0.91	0.94 ± 0.04	0.77
P_{sw}	泛滥平原	0.83 ± 0.11		0.88 ± 0.17		0.87 ± 0.06	
	山坡	0.80 ± 0.16	0.88	0.90 ± 0.18	0.62	0.89 ± 0.06	0.36

4 结论与讨论

根据 TWINSpan 结合 DCA 排序结果将文峪河上游的 56 个典型样地划分为 13 种群落类型,包括

由典型河岸树种(如青杨)或延伸至该地的山地种(如华北落叶松)组成的老龄植物群落^[18]。研究区多为相对直的单一河道,谷底相对狭窄,多为限定性河段,在洪发期间,河道位置大多固定在狭窄的泛滥

平原之内,地形表面比较单一,河岸植物群落多为狭长斑块,且与山地植被组成相似^[1,3],这一点在本研究得以体现,研究区泛滥平原与毗邻山坡的植物组成相似性较高,共有植物达 75.13%,且两种地貌的乔木优势种基本一致,但华北落叶松在山坡的优势地位更突出。河岸生境经常包括许多喜湿物种^[1],仅出现于研究区泛滥平原的 34 种植物,多数为喜湿种类。

现有的河岸林研究显示,河岸林的树木密度和基面积大于山地森林,或与之相等,河谷地带的复杂地形和高频干扰导致河岸地区较山地生境具更高的物种多样性。在俄勒冈州,河岸群落的物种数是山地群落的两倍多,物种多样性指数也较大^[1-3]。研究区泛滥平原的林分密度、物种丰富度与植物多样性都显著大于毗邻山坡,而林木断面积和均匀度在两种地貌之间的差异不明显。

河岸带宽度确定应考虑的因素甚多,包括河流的形态及水文特征、地下水和洪水的水文特征、河岸带地形地貌、河岸带植被的结构特性、河岸带过程与生境的侧向影响范围以及河岸带与周围景观的差异度等^[2,25]。David Welsch 认为河岸缓冲带宽度为 75ft (22.86 m)^[25],Gregory 以立地潜在树高确定河岸带宽度,这种方法适用于不同的植被类型和地理位置^[2,25]。而洪发期间,限定性河段的河道位置相对稳定,一般固定在泛滥平原之内;泛滥平原的林分密度、物种丰富度与多样性都显著大于山坡;研究区主体植被华北落叶松和云杉的树高为 15~25 m。因此,综合已有的研究结论和本文的研究结果,洪水对本区植被的影响范围较窄,初步推断在 20 m 之内。

参考文献:

- [1] Stanly V G, Frederick J S, Mckee W A, *et al.* An ecosystem perspective of riparian zones [J]. *Bioscience*, 1991, 41: 540 - 551
- [2] Stanly V G. Riparian management in the 21st century [M]//Kohm K A, Franklin J F. *Creating Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management*. Washington DC: Island Press, 1997: 189 - 193
- [3] Robert J N, Henri D. The ecology of interfaces: Riparian zones [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28: 621 - 658
- [4] Robert J N, Kevin L F, Steven J M, *et al.* Riparian forests [M]//Naiman R J, Bilby R E. *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. New York: Springer Verlag, 1998: 289 - 323
- [5] Fennessy M S, Cronk J K. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate [J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 1997, 27(4): 285 - 317
- [6] Amanda L, Uowolo, Dan B, *et al.* Plant diversity in riparian forests in northwest Colorado: Effects of time and river regulation [J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 218: 107 - 114
- [7] Annik S, Brack W H, Esther M A. Examining native and exotic species diversity in European riparian forests [J]. *Biological Conservation*, 2007, 138: 146 - 156
- [8] Brinson M M. Riparian forests [M]//Lugo A E, Brinson M M, Brown S. *Forested Wetlands. Ecosystems of the World*, No. 15. Amsterdam; Elsevier Scientific Publishing Company, 1990: 87 - 140
- [9] 何志斌, 赵文智. 黑河下游荒漠河岸林典型样带植被空间异质性 [J]. *冰川冻土*, 2003, 25(5): 591 - 596
- [10] Birgitta M R, Christer N, Roland J. Spatial and temporal patterns of species richness in a riparian landscape [J]. *Journal of Biogeography*, 2005, 32: 2025 - 2037
- [11] Chen J, Franklin J F, Spies T A. Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old growth Douglas fir forest [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1993, 63: 219 - 237
- [12] Davies P E, Cook L S, McIntosh P D. *et al.* Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania [J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 219(23): 132 - 148
- [13] Sheridan J M, Lowrance R. Management effects on runoff and sediment transport in riparian forest buffers [J]. *Transactions of the ASAE*, 1999, 42(1): 55 - 64
- [14] 邓红兵, 王青春, 王庆礼. 河岸植被缓冲带与河岸带管理 [J]. *应用生态学报*, 2001, 12(6): 951 - 954
- [15] 张建春. 河岸带功能及管理 [J]. *水土保持学报*, 2001, 15(6): 143 - 146
- [16] 成克武, 臧润国, 周晓芳, 等. 洪水对额尔齐斯河河岸天然林植被的影响研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(2): 50 - 55
- [17] 徐海量, 叶茂, 李吉玫, 等. 河水漫溢对荒漠河岸林植物群落生态特征的影响 [J]. *生态学报*, 2007, 27(12): 4990 - 4998
- [18] 高润梅, 郭晋平. 文峪河上游河岸林的演替分析与预测 [J]. *生态学报*, 2010, 30(6): 1564 - 1572
- [19] 李林, 黄忠良, 张海忠, 等. 陕西省栓皮栎群落物种多样性的空间异质性 [J]. *福建林学院学报*, 2006, 26(1): 63 - 68
- [20] 吉久昌, 郭跃东, 郭晋平, 等. 文峪河上游河岸林群落类型及其生态适应性 [J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1587 - 1595
- [21] Robert J N, Henri D, Michael M E. Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities [M]. Amsterdam; Elsevier/Academic Press, 2005: 323 - 330
- [22] 江明喜, 邓红兵, 唐涛, 等. 香溪河流域河岸带植物群落物种丰富度格局 [J]. *生态学报*, 2002, 22(5): 629 - 635
- [23] 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 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14(9): 1405 - 1410
- [24] 郭怀成, 黄凯, 刘永, 等. 河岸带生态系统管理研究概念框架及其关键问题 [J]. *地理研究*, 2007, 26(4): 789 - 797
- [25] David W J. Riparian Forest Buffers: Function and Design for Protection and Enhancement of Water Resources [M]. Technical Publication Na-PR-07-91. Radnor, Pa.: U. S. Forest Service, 1991: 67 - 75