

额济纳河岸胡杨林天然植被的数量分类与排序

王利兵^{1,4}, 余伟莅^{2,3}, 杨文斌^{1,2*}, 胡小龙^{2,3}, 李钢铁^{3,4}, 李佳陶⁴

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2. 内蒙古林业科学研究院, 呼和浩特 0100104;

3. 北京林业大学, 北京 100083; 4. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘要:应用双向指示种分析法(TWINSPAN)和除趋势典范对应分析(DCCA)对额济纳河岸胡杨(*Populus euphratica* Oliv.)林天然植被进行了分类和排序。TWINSPAN分类结果将8个样方划分为4个群丛,并分别对每个生境进行了论述。DCCA二维排序图较好地验证了TWINSPAN的分类结果,其纵、横坐标均反映了群丛所在环境的地下水位、空气相对湿度、土壤含水量、相对高程等生态因子的梯度变化。种的DCCA排序和各环境因子的相关性分析结果表明,地下水位是所有因子中对植物群落分布起决定性作用的环境因子。

关键词:胡杨;TWINSPAN分类;DCCA排序;地下水位

中图分类号:S718.45 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2007)04-0045-04

The Quantitative Classification and Ordination of Natural Vegetation *Populus euphratica* Oliv.
Forests Growing on the Banks of Ejina River

WANG Li-bing^{1,4}, YU Wei-li^{2,3}, YANG Wen-bin^{1,2}, HU Xiao-long^{2,3}, LI Gang-tie^{3,4}, LI Jia-tao⁴

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy Forestry, Beijing 100091; 2. Inner Mongolia Academy of Forestry Science, Huhhot 010019;

万方数据 Beijing Forestry University, Beijing 100083; 4. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: The classification and ordination of *Populus euphratica* Oliv. community on the banks of Ejina River in Inner Mongolia were studied by using the two-way indicator species analysis (TWINSPAN) and distended canonical correspondence analysis (DCA). Eight quadrats selected from the community were classified into four associations by TWINSPAN, and ecological environment of each association was discribed. The results of DCCA ordination were tested and verified by the results of TWINSPAN. The ordinate and abscissa of DCCA ordination indicates the gradient variations of ground water level, air relative humidity, and soil humidity to elevation of each association. Furthermore, the results of DCCA ordination and environment factor correlation analysis showed that the ground water was the crucial environment factor among the all to the distribution of plant community.

Key words: *Populus euphratica*; TWINSPAN classification; DCCA ordination; ground water level

胡杨是我国西北荒漠地带独特的天然乔木树种,该种寿命较长,生长较快,耐寒、耐干旱、耐盐碱,它既有防风固沙、改善荒漠区生态环境、保护荒漠绿洲农牧业生产的作用,又是提供用材和薪材的资源^[1]。近年来,关于胡杨天然林分类型的研究已有不少工作^[2,9],主要是关于天然林分的定性描述,但对于胡杨天然林林下植被分布与环境相互关系的定量研究较少。本文试图应用目前国际上通用的一些数量生态方法,对额济纳地区的河岸胡杨天然林及林下植被进行数量分类和排序的研究,客观地揭示

胡杨天然林下植被分布与环境之间的相互关系,找出胡杨林及林下植被生长的主要限制因子,为胡杨的利用、保护等工作提供理论依据。

1 研究地概况及研究方法

1.1 研究地概况

试验地位于额济纳旗境内的黑河流域下游,东河附近(41°41.84'N, 100°54.03'E)。年蒸发量3 000~5 000 mm,极端最高气温为43.1℃,最低气温为-37.6℃。胡杨林沿河而生,林下分布有柽柳

收稿日期:2006-07-10 修回日期:2006-11-02

基金项目:中日合作项目“亚洲中部水循环对全球气候变化的响应”

作者简介:王利兵(1981-),男,内蒙古呼和浩特市土左旗人,硕士,主要从事荒漠化防治和荒漠生态系统研究。

* 通讯作者:杨文斌(1959-),男,内蒙古呼和浩特人,博士,研究员,博士生导师,主要从事沙漠(化)治理方面的研究工作。

(*Tamarix ramosissima*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、红沙(*Reaumuria soongorica*)、小果白刺(*Nitraria sibirica*)等植物,由于该地区年均降水量仅为 38.24 mm,植物生长所需要的水分主要依靠地下水。

1.2 样地植被和环境数据调查

在河岸至戈壁成熟的胡杨林内设置 8 个样方,分别在 0、50、100、150、200、250、300 和 350 m 处,编号为样方 1~8,面积 20 m×20 m。对样地内的胡杨林下进行植被调查,并于 2004 年 6~8 月使用 ASM 干湿温度计和 LI-1600 稳态气孔计同时测定 8 个样方内空气相对湿度和温度(在 4:00、12:00 和 20:00 各测一次),其中每月中旬一次。在每各样方内布设地下水位监测井 1 眼,共 8 眼,每月监测一次。

1.3 数据处理

分类和排序分别用国际通用软件 Pcord 中的 TWINSpan 分类(双向指示种分析)和 Canoco 中的 DCCA 排序(除趋势典范对应分析),以样方中各物种的相对盖度数据作为植物的输入数据^[10-12]。对测量的环境因子数据进行的相关分析,是用 SPSS13.5 软件完成的。

2 研究结果

2.1 TWINSpan 分类结果

TWO-WAY ORDERED TABLE

	12345678	
03 芨芨草(<i>Achnather splendens</i>)	-555--	00
04 多枝怪柳(<i>Tamarix rawosissima</i>)	-5353--	00
05 甘草(<i>Glycyrrhiza aralensis</i>)	--1--	00
06 芦苇(<i>Phragmites communis</i>)	--11--	00
11 多裂骆驼蓬(<i>Peganaw harmala</i>)	---1--	00
01 胡杨(<i>Populus euphratica</i>)	55555--	010
02 苦豆子(<i>Sophora alopecuroides</i>)	411111--	010
09 霸王(<i>Zygophyllum xanthoxylum</i>)	----1--	011
12 鹰爪柴(<i>Convolvulus gortschakovii</i>)	----1--	011
13 沙木蓼(<i>Atraphaxis bracteata</i>)	----1--	011
14 沙蒿(<i>Artemisia arenaria</i>)	----1--	011
07 黑果枸杞(<i>Lycicom rathenic</i>)	--1223--	1
08 红沙(<i>Reaumaria soongorica</i>)	--113--	1
10 膜果麻黄(<i>Ephedra przewalskii</i>)	--1455	1
15 小果白刺(<i>Nitraria sibirica</i>)	--1-2-	1
	00000011	
	000001	
	01111	

注:分类矩阵的顶端标签是样方编号,底端标签是样方分类结果。左端标签是物种编号,右端标签是物种分类结果。

图 1 额济纳河岸胡杨林内植被 TWINSpan 分类结果

Fig. 1 The TWINSpan classification results of vegetation in

Populus euphratica Oliv. forest

2.1.1 8 个样方分类 图 1 是用 TWINSpan 多元分划方法对 8 个大样方和 18 个植物种分类的结果,

其下方和右侧分别显示了对样方和植物种的分划水平和类型,下方显示划分出的 4 个胡杨林分类型,分别为林分类型 A、B、C、D,并且每个林分类型都有自己比较显著的林分特征。

林分类型 A(000):只有样方 1。该类型主要分布于靠近河道的一侧,盐渍化的冲积淤积滩地,土壤为风沙土。胡杨下只有草本苦豆子,林木生长较差,郁闭度为 0.3;林下植被种类较少,盖度为 5% 左右。

林分类型 B(001):包含样方 2、样方 3、样方 4 和样方 5。该类型主要分布于河道和戈壁中间的凹地,土壤类型为沙壤土。主要灌木物种有怪柳、黑果枸杞,草本有苦豆子、芨芨草、甘草、芦苇、多裂骆驼蓬。林木生长较好,郁闭度为 0.5;林下植物种类较多,盖度为 10% 左右。

林分类型 C(01):只有样方 6。该类型主要分布于靠近戈壁的一侧,土壤类型为粘土,土壤比较紧实。主要灌木物种较多,有红沙、鹰爪柴、沙木蓼、膜果麻黄、黑果枸杞和霸王,草本很少,只有较少的几棵苦豆子。林木生长一般,林下植被种类较少,郁闭度为 0.2,盖度为 5% 左右。

林分类型 D(1):包含样方 7 和样方 8。该类型主要分布于戈壁滩地。已经没有胡杨的分布,主要有灌木物种膜果麻黄和红沙。植物种类很少,生长状况较差,植被盖度 1% 左右。

2.1.2 15 个植物种的分类 双向分类矩阵图不仅可以反映一定的环境梯度和样方的分类,而且还可以很直观的进行植物物种的分类。其右侧显示的是划分出的 4 个植物物种类型,分别为物种类型 A、物种类型 B、物种类型 C 和物种类型 D,并且每个物种类型都有比较显著的特征:

物种类型 A(00):包含芨芨草、怪柳、甘草、芦苇和多裂骆驼蓬。该类型物种主要分布于河岸低湿地,属耐盐碱、耐水湿和耐贫瘠植物类型。

物种类型 B(010):包含胡杨和苦豆子。该类型的两种植物均为当地常见种,其生态幅较广。

物种类型 C(011):包含霸王、鹰爪柴、沙木蓼和沙蒿。属耐干旱植物类型,主要分布于戈壁边缘。

物种类型 D(1):包含黑果枸杞、红沙、膜果麻黄和白刺。该类型的植物均属于超旱生植物,主要分布于戈壁上和戈壁边缘。

植物种的分类基本符合植物的自然分布特性,所以双向分类矩阵图进行植物分类也是可行的。

2.2 植物物种的分布与环境的关系

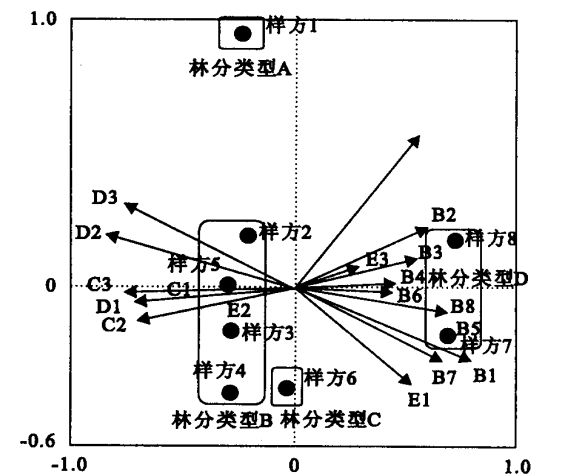
2.2.1 排序 DCCA 前两个排排序轴的特征值为:0.919 和 0.225,贡献率为:58.6% 和 16.9%,前两轴的累积贡献率为 0.755,即前两轴可以代表

75.5%的信息量。一般情况下累积贡献率在70%以上事物的基本面貌就可以得到反映^[9,11],说明排序结果良好。其中,环境因子用箭头表示,箭头所处的象限表示环境因子与排序轴间的正负相关性,箭头连线的长度代表着某个环境因子与群落分布和种类分布间相关程度的大小,连线越长,相关性越大;反之越小。箭头连线和排序轴的夹角代表着某个环境因子与排序轴相关性的 大小,夹角越小,相关性越高;反之越低^[11]。

根据 DCCA 排序结果的第一轴和第二轴数值,将所有样地在二维坐标轴上做散点图(图2)。为了便于和 TWINSpan 分类结果进行比较,将 TWINSpan 的最终分组结果在 DCCA 二维轴上标出。从图上可以看出 TWINSpan 分类结果和 DCCA 排序结果较为吻合。

从图2和表1中可看出,第一轴基本上反映各种植物群落所在环境的地下水位、空气相对湿度和土壤含水量(除0~10 cm)的变化趋势。地下水位与第一轴的相关系数均较高,在0.4489~0.8017之间,空气相对湿度和土壤含水量(除0~10 cm)与第一轴的相关系数更高,其绝对值均在0.7之上,即沿 DCCA 第一轴从左到右,地下水位埋深越来越深,空气相对湿度和土壤含水量(除0~10 cm)越来越小。第二轴基本上反映植物群落所在环境的变化趋势比较不明显,主要可以反映相对高程和早晨的温度的变化趋势,其中相对高程与第二轴的相关系数为0.5753,早晨的空气温度与第二轴的相关系数达0.3683。其中,相对高程这个因子,与两轴的相关系数都较高,均在0.55之上。由此可以看出该区环境因子是复杂多变的,群落分布受多个环境影子的影响。同时,DCCA 排序图也很好的反映出各植物

群落与其它环境因子的关系。如与中午和晚上的空气温度的关系不大,排序轴与其相关性也较小。



注:其中A为相对高程;B1为2004年5月4日地下水位,B2为2004年6月2日地下水位,B3为2004年7月2日地下水位,B4为2004年8月2日地下水位,B5为2004年9月2日地下水位,B6为2005年7月8日地下水位,B7为2005年8月2日地下水位,B8为2006年6月1日地下水位;C1、C2、C3分别为3层土样(10、30和50 cm)的土壤含水量;D1、D2和D3分别为4:00空气相对湿度、12:00空气相对湿度和20:00空气相对湿度;E1、E2、E3分别为4:00空气温度、12:00空气温度和20:00空气温度。

图2 额济纳河岸胡杨林 DCCA 排序图
Fig.2 The DCCA ordination diagram of Ejina riverside *Populus euphratica* Oliv vegetation

2.2.2 各环境因子的相关性分析 对所测量的地下水位数据与其它环境因子进行相关性分析(表2)。其中地下水位数据与土样(30 cm和50 cm)的土壤含水量和空气相对湿度呈较显著的负相关,其中50%以上的相关系数显著水平达到0.05;这与前面的排序结果也相一致,地下水位、空气相对湿度和土壤含水量(除0~10 cm)基本上反映第一轴的情况,因为它们相关性都比较强。

表1 DCCA 排序轴与环境因子之间的 Pearson 相关系数

Table 1 Pearson correlation coefficients between environment factor and DCCA ordination axes

坐标	A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
第一轴 AX1	0.5550	0.8017	0.6380	0.5597	0.4623	0.6998	0.4489	0.6696	0.6982
第二轴 AX2	0.5753	-0.2728	0.2311	0.1056	0.0131	-0.0904	-0.0168	-0.2730	-0.1016
坐标	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
第一轴 AX1	-0.4254	-0.7162	-0.7603	-0.7245	-0.8555	-0.7629	0.5229	-0.1781	0.3047
第二轴 AX2	-0.0272	0.1304	-0.0236	-0.0602	0.1951	0.3136	-0.3683	-0.0304	0.0815

注:其中大写字母编号同图2。

3 结论与讨论

由于额济纳地区年降雨量极少,植被生长所需的水分主要靠黑河水补给。其中,地下水位、空气相对湿度和土壤含水量均与黑河水补给有关。因为黑河水补给,地下水位必然抬升,空气相对湿度和土壤

含水量也随之增加。还有,所测的8次地下水位具有很强的相关性(表3),所以,不难看出地下水位是所有因子中对植物群落分布起决定性作用的环境因子。其中,0~10 cm土壤含水量与地下水位的相关性不强,主要是由于该区地表水分的蒸发量大的缘故造成的。

表2 地下水位数据与其它环境因子之间的 Pearson 相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficients between ground water level and other environment factors

	A	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
B1	0.321	-0.530	-0.690 *	-0.695 *	-0.800 **	-0.887 **	-0.696 *	0.595	0.021	0.110
B2	0.442	-0.476	-0.774 *	-0.737 *	-0.698	-0.588	-0.397	0.343	0.134	0.001
B3	0.320	-0.567	-0.787 *	-0.707	-0.706	-0.600	-0.363	0.321	0.323	-0.039
B4	0.251	-0.420	-0.611	-0.539	-0.598	-0.588	-0.424	0.313	0.307	-0.002
B5	0.491	-0.473	-0.585	-0.560	-0.787 *	-0.878 **	-0.586	0.607	0.141	0.256
B6	0.282	-0.421	-0.564	-0.789 *	-0.610	-0.626 *	-0.412	0.368	0.351	0.066
B7	0.343	-0.459	-0.519	-0.497	-0.746 *	-0.882 **	-0.637 *	0.597	0.121	0.200
B8	0.607	-0.134	-0.348	-0.398	-0.545	-0.884 **	-0.720 *	0.433	0.169	0.637

注:其中大写字母编号同图2。上标 * 表示其相关性在 0.05 水平上显著,上标 ** 表示其相关性在 0.01 水平上显著。

表3 8 次所测地下水位数据之间的 Pearson 相关系数

Table 3 Pearson correlation coefficients between ground water level datum

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
B1	1.000							
B2	0.796 *	1.000						
B3	0.817 *	0.970 **	1.000					
B4	0.813 *	0.930 **	0.964 **	1.000				
B5	0.945 **	0.855 **	0.864 **	0.888 **	1.000			
B6	0.817 *	0.905 **	0.948 **	0.994 **	0.910 **	1.000		
B7	0.962 **	0.764 *	0.799 *	0.851 *	0.978 **	0.877 **	1.000	
B8	0.808 *	0.671	0.663	0.716 *	0.892 **	0.755 *	0.864 **	1.000

注:其中大写字母编号同图2。上标 * 表示其相关性在 0.05 水平上显著,上标 ** 表示其相关性在 0.01 水平上显著。

胡杨林沿河而生,以不同的景观外貌反映了生态系统的多样性、单优性、非地带性、林分起源的多样性以及林龄结构的复杂性,在影响胡杨分布的众多因子中,水分条件对胡杨生长分布影响较大^[24]。自河岸至戈壁,林内植被分布也随着不同距河岸距离变化:距河岸 0~50 m 内只分布生长在沙地上的苦豆子,在 50~200 m 内出现土壤湿度监测指示性植物芨芨草,200 m 以外芨芨草消失,出现大量旱生植物,如霸王、鹰爪柴、沙木蓼等,300 m 之外的戈壁上其它植物基本全部消失,只剩超旱生植物膜果麻黄,还有零星的黑果枸杞、红沙和白刺,这说明河流对河岸胡杨林内植被有较大的影响。

DCCA 是 DCA 和 CCA 的结合,因而它不仅能去除弓形效应、精度高,而且它还能同时结合多个环境因子(理论上没有限制)、包含的信息量大。排序轴分类(OAC)在排序的基础上分类,不仅可独立完成分类过程,而且每次分划是基于不同的排序轴(生态梯度),其生态意义更明确^[10]。

参考文献:

[1] 魏庆莒. 胡杨[M]. 北京: 中国林业出版社. 1988.

[2] 孙雪新,李毅,康向阳. 酒泉胡杨林的数量分类和排序[J]. 干旱区资源与环境,1994(4):61-67.

[3] 季方,马英杰,樊自立. 塔里木河冲积平原胡杨林的土壤水分状况研究[J]. 植物生态学报,2001,25(1):17-21.

[4] 付爱红,陈亚宁,李卫红. 新疆塔里木河下游不同地下水位胡杨水势变化分析[J]. 干旱区地理,2004,27(2):207-211.

[5] 苏培玺,张立新,杜明武,等. 胡杨不同叶形光合特性、水分利用效率及其对富 CO₂ 的响应[J]. 植物生态学报,2003,27(1):34-40.

[6] 曾凡江,张希明,Andrea Foetzki,等. 新疆策勒绿洲胡杨水分生理特性研究[J]. 干旱区研究,2002,19(2):26-30.

[7] 徐海量,宋郁东,王强. 胡杨生理指标对塔里木河下游生态输水的响应[J]. 环境科学研究,2003,16(4):134-138.

[8] 陈水金,陈业宁,李卫红. 输水作用下的地下水水质变化与胡杨林更新—以塔里木河下游英苏断面为例[J]. 干旱区研究,2005,22(1):101-105.

[9] 张景群,古丽扎提,王得祥,马琪. 塔里木河流域胡杨林火灾特点与生态适应性研究[J]. 西北林学院学报,1996,10(1):31-35.

[10] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社. 2004.

[11] 张峰,张金屯. 我国植被数量分类和排序研究进展[J]. 山西大学学报(自然科学版),2000,23(3):93-97.

[12] 刘海江,郭柯. 浑善达克沙地丘间低地植物群落的分类与排序[J]. 生态学报,2003,23(10):217-223.