

干旱区典型湖泊湿地主要植物生态种组分析

王合玲^{1, 2, 3}, 吕光辉^{1, 2*}, 张辉国⁴

1. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046;
3. 新疆财经大学应用数学学院, 乌鲁木齐 830012; 4. 新疆大学数学与系统科学学院, 乌鲁木齐 830046

摘要:根据 2007 年 7—9 月新疆艾比湖湿地 25 种主要植被在 47 个调查样地的存在-缺失数据,应用非度量多维标度(NMDS)方法研究了干旱区典型湖泊湿地内植物群落生态种组的划分,并与系统聚类分析结果做了比较分析。研究显示:艾比湖湿地的主要植物种划分为 5 个生态种组,各生态种组内的植物种之间具有相似的生境和生态位;NMDS 是基于高维数据非线性迭代的降维排序方法,与传统的生态种组分析方法相比较,NMDS 充分抽取了植被在样地内非线性集聚分布的信息,因而其种组划分结论更符合实际调查结果,也更为可靠、有效。研究结果从生态种组的视角为艾比湖湿地生态恢复和保护植物多样性提供更具有实践价值的参考依据。

关键词:生态种组;非度量多维标度;聚类分析;艾比湖湿地

中图分类号: Q16; Q141

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2012) 05-0858-06

生态种组是由群落内具有相似环境需求,其分布方式十分类似的物种组成。研究某一区域群落生态种组的组成能更好地反映该区域内某物种与物种之间,物种与环境之间的关系^[1],对于掌握群落种群结构和内在的动态联系以及全面了解群落结构、群落特性和群落演替等本质具有重要意义。国内外学者多采用直接梯度分析方法或是环境因子梯度确定生态种组的划分,研究对象也多集中于藻类、森林、河滩湿地^[2-6],而对于干旱区研究较少,仅有最近的研究文献^[7-8]都采用 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数,并且分析的目标主要是群落的属性,忽视了“群落的实体”^[9-10],从而未能将样方的属性纳入分析过程,这样会导致植物群落的生态种组的划分产生偏差。此外,由于干旱区环境恶劣、植被分布稀疏致使样方内植被调查数据也呈现“稀疏性”,如多度、盖度等连续性指标多数为零,这是干旱区与其它类型生境在植物群落调查数据以及生态种组划分研究中需要考虑的重要因素。

本文基于植被在样方内的“存在—缺失”数据(Present-Absent data),运用非度量多维标度(Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS)方法研究艾比湖湿地的植物生态种组划分,并与传统的具有线性特征的系统聚类分析(hierarchical cluster analysis)方法所得生态种组分析结果做了细致地比较研究。近期,针对生态学中存在—缺失数据的多元统计分析和应用取得了一些新成果^[11-12]。在群落

生态学研究,数据常呈现非线性关系,而 NMDS 被认为是分析复杂群落数据并能有效综合群落属性和群落实体信息进行种组划分的稳健的排序方法^[13-14]。此外,从群落生态种组视角考查干旱区湖泊湿地的生态保护和植被恢复更具实践意义。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

艾比湖湿地自然保护区位于新疆精河县西北(44°30'N—45°09'N, 82°36'E—83°50'E)、准噶尔盆地西南,是这一区域的汇水中心^[15],西北的阿拉山口是著名的风口^[16]。艾比湖流域处于亚欧大陆腹地,在远离海洋和三面高山环列的综合影响下,平原区为典型大陆性气候,干燥少雨多风,年平均气温 5 °C,降水量年内分配不均匀,其多年平均降水量为 105.17 mm,蒸发量为 1315 mm。艾比湖独特的湿地生态环境是数百种动、植物生息繁衍的场所,有着其生物资源的多样性。湖区独特的地形使其发育了石漠、砾漠、沙漠、盐漠、沼泽、盐湖等多样化的地貌景观。区内典型地带性土壤为灰漠土、灰棕漠土和风沙土、隐域性土壤为盐(盐渍化)土、草甸土和沼泽土^[17]。多样化的土地类型决定了旱生、超旱生、沙生、盐生、湿生、水生等植物群落的形成。

艾比湖湿地自然保护区植物区系属古北界蒙新区北疆荒漠区准噶尔荒漠小区。主要植物类型有梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、胡杨(*Populus*

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41130531);国家自然科学基金项目(31060061);教育部社科青年基金项目(12XJC910001);新疆大学绿洲生态重点实验室项目(XJDX0206-2010-05)

作者简介:王合玲(1973年生),女,博士研究生,研究方向为区域生态学与生态模型。E-mail: wang_heling@163.com

*通信作者:吕光辉(1963年生),男,教授,博士生导师,主要从事干旱区生态研究。

收稿日期: 2012-04-11

euphratica)、芦苇 (*Phragmites australis*)、在平原低地还有多枝怪柳 (*Tamarix ramosissima*)、甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*)、黑枸杞 (*Lycium ruthenicum*)、小獐茅 (*Aeluropus pungens*)，湖滨盐沼地有盐穗木 (*Halostachys caspica*)，盐节木 (*Halocnemum strobilaceum*)，碱蓬 (*Suaeda pterantha*)，盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)，山前冲积洪扇有琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*) 等^[18]。

1.2 样方调查

根据艾比湖典型群落的分类，于 2007 年 7—9 月(此间短生植物已完成生活周期，其他植物种类、数量变化相对较小)，在保护区内东大桥、鸭子湾管护站的周边区域，14 人分 4 组，3 期同步采样，共设置了 10 m×10 m 的样方 47 个。每个样方分成 5 m×5 m 样方 4 个，每个 5 m×5 m 又分为 2.5 m×2.5 m 的样方 4 个。分别现场鉴定每个样方中物种的种类，并采集标本带回，重复鉴定，同时记录物种数量、高度、胸径、冠幅，各样地的海拔高度、经纬度、群落微环境和地理地貌。

采用物种在群落中的重要值为指标来选择不同典型群落中的主要种。在 47 个样方内，鉴定后共记录到 28 个种，剔除频度小于 5% 的种后^[19-20]，剩余 25 个种，种名、序号见表 1。

由于干旱区环境恶劣、植被分布稀疏且不均衡，致使样方内植被调查数据也呈现“稀疏性”，因而调查数据中各物种在调查样方中分布的相对频数差异较大。所以，利用物种的存在—缺失数据分析植物种间关联性更为适合地处干旱区的艾比湖湿地植被分布特征。统计所有样地内各个植物种的分布情况，若植物种在样地内存在(presence)记为“1”，缺失(absence)则记为“0”，如此就构成表征样地内植物种的存在或缺失的数据矩阵(简称为“存-缺数据”或 P-A data)，对于存-缺数据的最新分析方

法及应用见文献[11]和[12]。对 47 个样地内 25 个主要植物种的调查数据做上述处理后，即得到 47×25 阶存-缺数据矩阵。

1.3 分析方法

NMDS 方法分析了样方间生物组成的相似关系，因而能更好地表达群落对于非生物环境梯度的响应。生境相似程度高，其生态种组群落的聚类 and 排序距离就小^[21]。根据 Shepard 等和 Kruskal 等的观点，这一方法的基本思想是计算 n 个实体中两两实体的相似性度量指标，然后将 $n(n-1)/2$ 个相异性指标排序，非度量多维测度分析的目的就是寻找 t 维 ($t \ll n$) 欧氏空间内的 n 个点 X_1, X_2, \dots, X_n 来表示这 n 个实体，使得低维空间内 n 个点之间距离排序关系与上述相似性指标排序关系尽可能保持一致。本文 NMDS 分析使用 Jaccard 指标 (Jaccard index) 度量群落实体间的相似性强弱，群落实体 i 和 j 的相似性指标定义为：

$$\delta_{ij} = (a + b - 2r) / (a + b - r),$$

其中，对于存—缺数据而言， a 为实体 i 中的物种数， b 为实体 j 中的物种数， r 为 2 个实体共有物种。另外，设定 $t=2$ ，使用下面的欧氏距离度量 2 维空间中 n 个实体间的距离，

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{s=1}^t (X_{is} - X_{js})^2}, i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$$

并且用胁强系数 (Stress) 来度量由一个二维 NMDS 确定的排序点与原始 n 个实体相似性排序的一致程度，亦即 NMDS 分析结果的拟合优度；Stress<0.05 为拟合极好；Stress<0.1 为拟合较好；Stress<0.2 为拟合一般；Stress>0.3 为拟合较差^[22]。为了更深刻地探讨生态种组的划分，进一步对艾比湖湿地植被群落进行系统聚类分析并与 NMDS 分析结果做了比较研究。本文的数据统计分析以及图形输出均使用 R 软件 (<http://www.r-project.org/>) 完成。

表1 47个100 m²样方中25个主要物种的名称和序号

Table 1 Names and number of 25 dominant species in 47 samples of 100 m²

序号	物种名	序号	物种名
V01	小獐茅 <i>Aeluropus litoralis</i>	V02	盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>
V03	盐豆木 <i>Halimodendron halodendron</i>	V04	盐穗木 <i>Halostachys caspica</i>
V05	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	V06	多枝怪柳 <i>Tamarix ramosissima</i>
V07	小叶碱蓬 <i>Suaeda microphylla</i>	V08	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>
V09	滨藜 <i>Atriplex patens</i>	V10	盐节木 <i>Halocnemum strobilaceum</i>
V11	白麻 <i>Poacynum henclersonii</i>	V12	白刺 <i>Nitraria schoberi</i>
V13	琵琶柴 <i>Reaumuria soogorica</i>	V14	骆驼刺 <i>Alhagi sparsifolia</i>
V15	花花柴 <i>Karelinia caspica</i>	V16	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>
V17	罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>	V18	赖草 <i>Leymus secalinus</i>
V19	西北天门冬 <i>Asparagus persicus</i>	V20	奶浆草 <i>Lactuca auriculata</i>
V21	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	V22	白梭梭 <i>Haloxylon persicum</i>
V23	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	V24	绢蒿 <i>Seriphidium gracilescens</i>
V25	鹅绒藤 <i>Cynanchum sibiricum</i>		

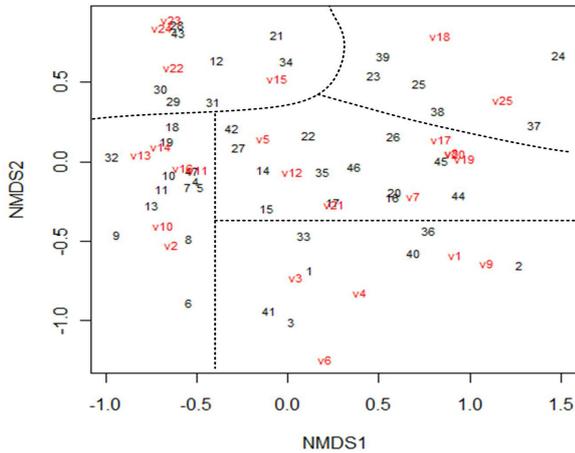


图1 基于物种与样地存-缺矩阵的25个主要植物种和47个样地的二维NMDS双重信息排序
Fig. 1 2-D NMDs ordination biplot based on the P-A data of 25 dominant species in 47 samples

2 结果与分析

2.1 群落的聚类和排序

植物群落内部有众多物种共存，相互之间必然存在着联系^[23]，基于物种与样地存-缺矩阵的47个样方内25个主要植物种的NMDS分析能够揭示物种和群落的分布结构与样地潜在环境因子间的生态关联，其分析结果如二维NMDS双重信息排序图(图1)所示，图中同时标识了47个样方和25个植被物种排序位置的双重信息，彼此距离越近意味着彼此相似性越强。因此，依据图1中25个植被物种的集聚分布特征，可以将艾比湖湿地植物种划分为5个群落种组类型。

第I组:碱蓬(V23)+绢蒿(V24)+白梭梭(V22)+花花柴(V15)群落，包括样地12、21、28—31、34、43。这些植被种多分布于干旱、半干旱地区河谷冲积平原为艾比湖湿地盐生群落。

第II组:盐爪爪(V2)+盐节木(V10)+白麻(V11)+琵琶柴(V13)+骆驼刺(V14)+梭梭(V16)群落，包括样地4—11、13、18、19、32、47其特点大多为湖滨盐沼地植物多分布于荒漠地区、盐碱地、盐土沙地，说明其样地土壤盐碱浓度高，植物抗盐胁迫能力强。

第III组:芦苇(V5)+小叶碱蓬(V7)+甘草(V8)+白刺(V12)+罗布麻(V17)+西北天门冬(V19)+奶浆草(V20)+胡杨(V21)群落，包括样地14—17、20、22、26、27、35、42、44—46说明这些样地多为乔木、草本植物，而草本植物多生长在乔木、灌木的林灌下，具有相近的生态特性对环境因子有互补性的要求，它们为艾比湖湿地的优势种。

第IV组:赖草(V18)+鹅绒藤(V25)群落，包括样地23—25、37—39出现样方的频次较少，赖

草在5个样方中出现，鹅绒藤在4个样方中出现。

第V组:小獐茅(V1)+盐豆木(V3)+盐穗木(V4)+多枝怪柳(V6)+滨藜(V9)群落，包括样地1—3、33、36、40、41多分布盐碱荒漠中原低地相互影响很大，这些样地很可能与乔木层和灌木层的水力提升有关。

图2的协强系数图中横轴为样地排序的相异性，纵轴为样地排序的距离，阶梯曲线显示了由非参数回归拟合的单调回归线，从图中可以看出NMDS方法的拟合度较高 $R^2=0.951$ ，而线性拟合情形下 $R^2=0.755$ ，可见植被群落的调查数据具有非线性结构，而NMDS较好地提取了数据所包含的植被群落非线性集聚分布信息，从而较大幅度提升了拟合度。

在图2的NMDS排序拟合优度图中，圆形表示每个实体的排序误差，半径越小表示拟合的越好，从图中可以看出大多数样地具有较好的拟合优度，而协强系数 $S=0.18$ 说明二维NMDS分析具有较好拟合效果。

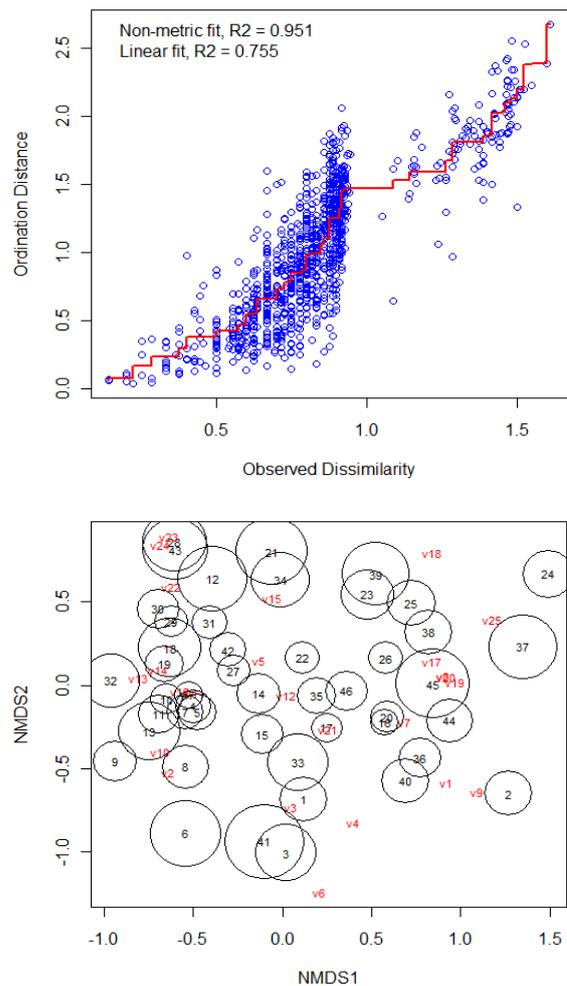


图2 二维NMDS协强系数图(上)和二维NMDS排序拟合优度(下)
Fig.2 2-D NMDs stress plot (top panel) and 2-D NMDs ordination goodness of fit (bottom panel)

2.2 聚类分析与非度量多维标度分析的结果比较

用离差平方和法(Ward method)对植被群落存一缺数据进行系统聚类分析, 树状聚类图如图 3 (上) 所示, 47 个样方依据 25 种植物的分布结构被聚为如下 5 组。

第 I 组: 包括样地 26、44、16、20、45、22、46、17、35; 第 II 组: 包括样地 2、40、1、3、33、41; 第 III 组: 包括样地 36、38、37、39、21、25、23、24; 第 IV 组: 包括样地 6、9、32、47、8、13、10、11、5、4、7、18、19; 第 V 组: 包括样地 14、15、12、34、28、43、29、42、27、30、31。

为了比较分析线性聚类分组与 NMDS 排序分组结果, 将上述聚类分组结果叠置于二维 NMDS 双重信息排序图上, 如图 3 (下) 所示。尽管 2 种

方法的大多数分组保持一致, 但线性系统聚类分析得到的 5 个组之间出现了不同组间个别样方产生交叉, 如样方 21、36、14 和 15, 图 3 (下) 直观表现了基于系统聚类方法的线性聚类分组结果与 NMDS 排序分组结果的差异, 这也说明植被样方调查数据所蕴含的群落生态种组结构具有非线性特征, 而 NMDS 分析较好描述了数据所包含的非线性结构。

3 讨论与结论

3.1 讨论

由于干旱区环境恶劣、植被分布稀疏且不均衡, 致使样方内植被调查数据也呈现“稀疏性”, 因而调查数据中各物种在调查样方中分布的相对频数差异较大。如芦苇、白麻、甘草、骆驼刺、白刺分布非常广泛, 出现频率均大于 50%, 而绢蒿、鹅绒藤、盐节木、梭梭、赖草、奶浆草分布较稀疏, 出现频率仅占 10% 左右。所以, 利用物种的存在—缺失数据分析植物种间关联性更为适合地处干旱区的艾比湖湿地植被分布特征^[11-12]。

传统的相关系数、聚类分析、主成分分析与主坐标分析都是基于数据线性结构特征, 利用线性相关性强弱或矩阵特征根的求解反映物种间的数量变化, 并以此作为生态种组分类的重要依据。而对于复杂的非线性结构特征则需借助 NMDS 高维数据分析的非线性排序方法^[10, 21], 能够在多维框架下探索复杂植被群落生态种组的划分。例如, 在 NMDS 双重信息排序图 1 中分属不同生态种组的样地 21 与样地 24, 在聚类分析图 3 (下) 却显示两样方内集聚着同一生态种组, 这与调查事实不符。尤其是样地 36, 在 NMDS 分析中 1—3, 33, 40, 41 和 36 样地内集聚小樟茅 (V1) + 盐豆木 (V3) + 盐穗木 (V4) + 多枝柽柳 (V6) + 滨藜 (V9) 群落, 而在聚类分析却显示样地 36 归属赖草 (V18) + 鹅绒藤 (V25) 群落, 但事实上样地 36 出现植物物种频次为 11 其中并不包括赖草 (V18) 或鹅绒藤 (V25), 显然这与实际调查数据不符, 而 NMDS 分析结论与实际调查的数据相一致。因此通过将 NMDS 分析的结果与聚类分析的结果相互对照分析, 这样得出的分析结论更加客观, 也更具有实际生态学意义。

3.2 结论

利用聚类分析与 NMDS 分析了干旱区典型湖泊湿地—新疆艾比湖湿地内 25 个主要植物种在 47 个调查样地的存一缺数据, 结果显示艾比湖湿地的主要植物种划分为 5 个生态种组, 各种组内植被具有相似的生境和相同的生态位。

基于调查样方内各植物种存一缺数据的

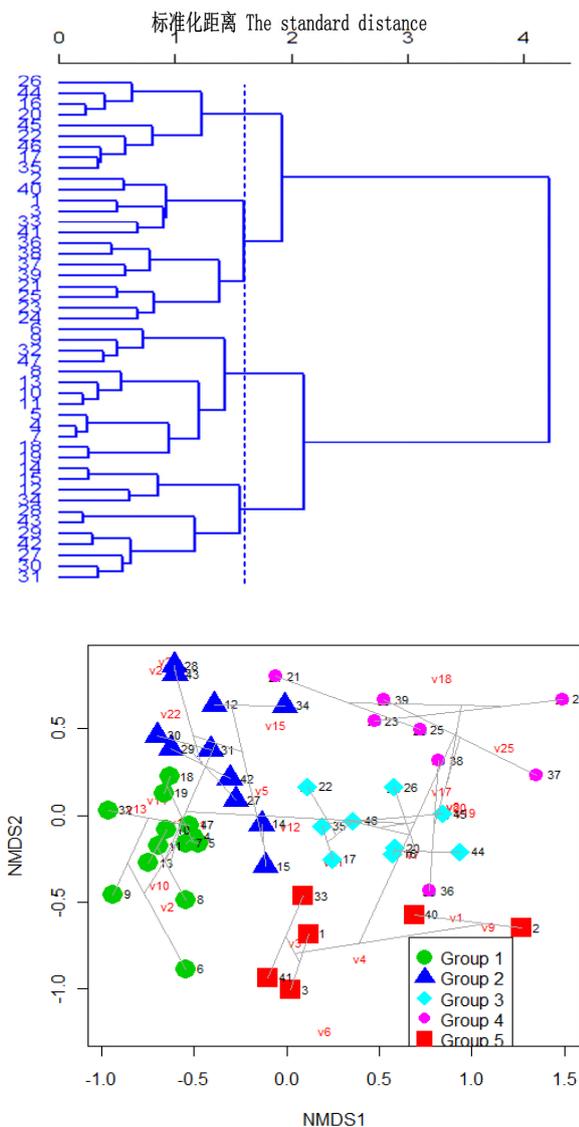


图 3 47 个样方聚类树状图 (离差平方和法) (上); 系统聚类分析结果与 NMDS 排序结果叠置图 (下)
Fig.3 Dendrogram of Cluster with 47 samples with the Ward's method (top panel); The hierarchical cluster analysis results overlay the 2-D NMDS ordination biplot (bottom panel)

NMDS 排序方法有效利用了群落属性和群落实体信息,能够较好适应干旱区植物群落调查数据的稀疏性,并依据植物种在样方内集聚分布特征划分了生态种组,其结论与实际调查结果相一致。

与系统聚类分析方法、Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数分析方法^[7-8]相比较,NMDS 是基于高维数据非线性迭代的降维排序方法,它充分抽取了植被在样地内非线性集聚分布的信息。因而,利用 NMDS 方法对艾比湖湿地生态种组的研究,能够更好地掌握植物群落的种群结构和动态关联,全面了解群落结构、群落特性和群落演替,为艾比湖湿地生态恢复和保护植物多样性提供生态种组视角的决策依据。

参考文献:

- [1] 宋永昌. 植物生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 35.
SONG Yongchang. Plant Ecology [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001: 35.
- [2] 杨国亭, 周瑞昌, 刘云波. 池塘浮游植物生态种组的研究[J]. 植物研究, 1990, 10 (3): 107-111.
YANG Guoting, ZhOU Ruichang, LIU Yunbo. The study on ecological species groups of phytoplankton in the pond [J]. Bulletin of Botanical Research, 1990, 10 (3): 107-111.
- [3] 焦磊, 张峰. 汾河连泊滩湿地植被生态种组[J]. 林业科学, 2011, 47 (4): 7-12.
JIAO Lei, ZHANG Feng. Ecological species group of wetland vegetation on Lianbotan in Fen River [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47 (4): 7-12.
- [4] 康慕谊. 秦岭南坡旬河流域森林植被生态种组的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17 (1): 9-19.
KANG MUYI. Preliminary study on ecological species groups in Xunhe River Basic South Face of Qinling [J]. Acta Phytoecologica Et Geobotanica Sinica, 1993, 17 (1): 9-19.
- [5] 李意德, 许涵, 陈德祥, 等. 从植物种群间联结性探讨生态种组与功能群划分—以尖峰岭热带低地雨林乔木层数据为例[J]. 林业科学, 2007, 43 (4): 9-16.
LI Yide, XU Han, CHEN Dexiang, et al. Discussing on the ecological species groups division based on the interspecific association—a case study on the Arbor layer data in Tropical Lowland Rain Forest of Jianfenling Hainan Island China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43 (4): 9-16.
- [6] ABELL S R, SHELBUME V B. Ecological species groups of South Carolina's Jocassee Gorges, southern Appalachian Mountains. Journal of the Torrey Botanical Society, 2004, 131 (3): 220-231.
- [7] 杨晓东, 吕光辉, 田幼华, 等. 新疆艾比湖湿地自然保护区植物的生态分组[J]. 生态学杂志, 2009, 28 (12): 2489-2494.
YANG Xiaodong, LÜ Guanghui, TIAN Youhua, et al. Ecological groups of plants in Ebinur Lake Wetland Nature Reserve of Xinjiang [J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28 (12): 2489-2494.
- [8] 钟彦龙, 王银山, 徐敏, 等. 艾比湖湿地植物种间关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24 (5): 153-157.
ZHONG Yanlong, WANG Yinshan, XU Ming, et al. Interspecific relationship among the plants in Ebinur Lake Wetland [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2010, 24 (5): 153-157.
- [9] 戈峰. 现代生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 334.
GE Feng. Modern Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2008: 334.
- [10] 余世孝. 非度量多维测度及其在群落分类中的应用[J]. 植物生态学报, 1995, 19 (2): 128-136.
YU SHIXIAO. The application of Non-metric multidimensional scaling in community classification [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1995, 19 (2): 128-136.
- [11] CLUA E, BURAY N, LEGENDRE P, et al. Behavioral response of sicklefin lemon sharks *Negaprion acutidens* to underwater feeding for ecotourism purposes. Marine Ecology Progress Series, 2010, 414: 257-266.
- [12] BORCARD D, GILLET F, LEGENDRE P. Numerical ecology with R [M]. New York: Springer, 2011: 46-47.
- [13] FAITH D P, MINCHIN P R, BELBIN L. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance[J]. Vegetatio, 1987, 69: 57-68.
- [14] MINCHIN, P R. An evaluation of relative robustness of techniques for ecological ordination [J]. Vegetatio, 1987, 69: 89-107.
- [15] 李艳红, 楚新正, 金海龙. 新疆艾比湖流域水文特征分析[J]. 水文, 2006, 26 (5): 69-71.
LI Yanhong, CHU Xinzhen, JIN Hailong. Study on changes of hydrological characteristics of Ebinur Lake Basin in Xinjiang [J]. Journal of China Hydrology, 2006, 26 (5): 69-71.
- [16] 吴敬禄, 刘建军, 王苏民. 近1500年来新疆艾比湖同位素记录的气候环境演化特征[J]. 第四纪研究, 2004, 24 (5): 585-589.
WU Jinlu, LIU Jianjun, WANG Suming. Climatic change record from stable Isotopes in Lake Aibi, Xinjiang during the past 1500 years [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24 (5): 585-589.
- [17] 钱亦兵, 蒋进, 吴兆宁. 艾比湖地区土壤异质性及其对植物群落生态分布的影响[J]. 干旱区地理, 2003, 26 (3): 217-222.
QIAN Yibing, JIANG Jin, WU Zhaoning. Soil heterogeneity and its impact on ecological distribution of plant community in the Aibi Lake area [J]. Arid Land Geography, 2003, 26 (3): 217-222.
- [18] 陈蜀江, 侯平, 李文华, 等. 新疆艾比湖湿地自然保护区综合科学考察[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2006: 32.
CHEN SHUJIANG, HOU Ping, LI Wenhua, et al. Investigation of comprehensive science in Ebinur Lake Wetland Nature Reserve of Xinjiang [M]. Urumchi: Xingjiang Science and Technology, 2006: 32.
- [19] 王利兵, 胡小龙, 郭建英, 等. 沙粒粒径组成的空间异质性及其与灌丛大小和土壤风蚀相关性分析[J]. 干旱区地理, 2006, 29(5): 688-693.
WANG Libing, HU Xiaolong, GUO Jianying, et al. The spatial heterogeneity of granule diameter and its relation with shrub size and soil erosion [J]. Arid Land Geography, 2006, 29 (5): 688-693.
- [20] 陶冶, 刘彤, 邱东, 等. 天山西部果子沟地区拟南芥生存群落种间联结性分析[J]. 干旱区地理, 2010, 33 (6): 930-938.
TAO Ye, LIU Dan, QIU Dong, et al. Interspecific associations among main species in the communities with *Arabidopsis thaliana* occurrence in Guozigou Region of the Western Tianshan Mountains [J]. Arid Land Geography, 2010, 33(6): 930-938.
- [21] 杨泽华, 童春富, 陆健健. 盐沼植物对大型底栖动物群落的影响[J]. 生态学报, 2007, 27 (11): 4387-4393.

- YANG Zehua, TONG CHunfu, LU Jianjian. Effects of saltmarsh on the benthic macroinvertebrate community in Yangtze Estuary [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (11): 4387-4393.
- [22] 厉红梅, 蔡立哲, 林丽珠, 等. 深圳湾潮间带底栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序[J]. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2001, 40 (3): 735-740.
- LI Hongmei, CAI Lizhe, LIN Lizhu, et al. Using Hierarchical Cluster-
- ign and No-metric MDS to explore spatio-temporal variation of benthic community at intertidal in Shenzhen Bay[J]. *Journal of Xiamen University: natural science edition*, 2001, 40 (3): 735-740.
- [23] CHAO A, CHAZDON R L, COLWELL R K, et al. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data[J]. *Ecology Letters*, 2005,8(2):148-159.

Ecological species groups analysis of main plants in the typical lake wetland of arid area

WANG Heling^{1,2,3}, LÜ Guanghui^{1,2}, ZHANG Huiguo⁴

1. School of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

3. School of Applied Mathematics, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China;

4. School of Mathematics and System Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: Based on the presence-absence data of 25 dominant plant species in 47 sampling plots from Ebinur Lake Wetland in Xinjiang in July-September 2007, the nonmetric multidimensional scale (NMDS) was employed to analyze the ecological species groups of the plant communities in the typical lake wetland of arid area and the results were compared with those obtained by using hierarchical cluster analysis. The study shows that the main plant species in Ebinur Lake Wetland can be classified into five main ecological species groups and the habitats and ecological niches are similar within each ecological species groups. Additionally, NMDS is a robust nonlinear ordination method on the basis of Dimension reduction for the high dimensional data and can fully extract the non-linear gathering information in sampling plot. Therefore, NMDS is more objective and effective than the conventional methods in terms of ecological species groups. It has both theoretical and practical values to study the wetland restoration and protection of plant diversity from the view of the ecological species groups.

Key words: ecological species groups; nonmetric multidimensional scale (NMDS); cluster analysis; Ebinur Lake Wetland