维普资讯 http://www.cqvip.com

887-894 6597(9)

植 物 学 报 1996, 38(11):887～894
Acta Botanica Sinica

青海湖北岸植物群落与环境因子关系的初步研究

刘 庆
(中国科学院成都生物研究所,成都 610041)

周立华
(中国科学院西北高原生物研究所,西宁 810001)

Q948.15

A

摘要 依据对青海湖北岸18个群落的样方调查和环境因子原始数据,用主分量分析(PCA)排序技术和回归模型,定量分析湖滨平原植物群落在空间地理上的分布格局,以及群落结构特征和环境梯度之间的关系。结果表明:植物群落的类型分布主要决定于环境中的土壤水分含量及土壤全盐含量。代表植物群落结构特征的生物多样性(X_1)和生态优势度(X_2)分别与环境梯度没有显著的相关性,但是,这两个指标和第一主分量排序轴(土壤水分度,Y)的二元线性回归关系显著,回归模型为:$Y = -4.85 + 1.47X_1 + 10.71X_2$ ($P < 0.01$)。

关键词 青海湖;植物群落;主分量分析排序;数学模型;生物多样性;生态优势度 环境 植物生态学

PRIMARY STUDY ON INTERRELATION BETWEEN PLANT COMMUNITIES AND ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE NORTH SHORE OF QINGHAI LAKE

Liu Qing
(*Chengdu Institute of Biology, Academia Sinica*, Chengdu 610041)
Zhou Li-hua
(*Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica*, Xining 810001)

Abstract Eighteen plant communities were surveyed by quaduats in the north shore of Qinghai Lake. The communities were analyzed using PCA (principal component analysis) ordination and regression procedure to determine the distribution patterns of the plant communities and relationship between the communities and environmental factors. The results showed that the distribution of the plant communities were closely related to the moisture and salt content of soil. The correlation between species diversity or ecological dominance of the communities and gradient of environmental factors was not significant, but the two indexes of community showed multivarient line relationship with the first principal component, or the gradient of soil water, and the regression model as below: $Y = -4.85 + 1.47X_1 + 10.71X_2$ ($P < 0.01$).

Key words Qinghai Lake; Plant communities; Principal component analysis ordination; Mathematical model; Species diversity; Ecological dominance

---

收稿日期:1995-03-25 接受日期:1995-09-05
刘尚武、潘锦堂、何廷农、吴珍兰和卢生莲等先生鉴定标本,彭敏、陈桂琛同志提出宝贵意见,宋孟强同志协助计算,陈笺同志绘图,在此一并致谢!
* 国家自然科学基金资助课题。

维普资讯 http://www.cqvip.com

植物群落和环境因子的关系是植物生态学的一个中心议题[1]，主要通过直接梯度分析和间接梯度分析的方法进行定量描述和解释。排序是梯度分析的一个主要技术[2]，极点排序(PO)、相互平均法(RA)、主分量分析(PCA)、典范对应分析(CCA)和无倾向对应分析(DCA)等排序技术已被广泛地应用于植被的梯度分析中[1,3]。近年来，关于排序结果的环境解释进一步发展了植物群落学的分析手段。目前，排序分析通常多对群落数据矩阵进行，所得到的组合排序轴一般能反映某些真实的环境要素的组合[4]，但这种排序实际上是在种空间来划分样地或群落类型并确定它们之间的关系，要从这个排序空间中找出可以解释的假想环境变量往往带有主观性。青海湖位于青藏高原东北部，是我国最大的高原内陆微咸水湖[5]。近年来，科技工作者对该地区的植被类型、分布规律、植被图、群落数量分类、群落特征和植被演替趋势等许多方面做了大量的工作[5~8]，但缺乏对植被与环境关系的数量分析研究。基于上述两方面的原因，本研究用环境空间来描述植物群落之间，以及群落和环境之间的关系，并且用群落结构特征的定量指标来分析群落与环境因子之间的关系。这种植被数量分析的研究，必将更加充实该地区植被的研究内容，为生产实践和探讨该地区的环境变迁提供基础资料。

1 研究地区的自然概况

1.1 自然条件概况

青海湖地区位于青海省祁连山南麓，地理范围为36°15′～38°20′N，97°50′～101°20′E。湖盆北面有大通山，东面有日月山，南面有青海南山等高山环绕。全区有布哈河等50余条大小河流分布[9]。本文所称青海湖北岸指青海湖盆地西自鸟岛至东面的海晏湾以北、大通山以南的广大湖滨平原地区。

青海湖北岸地貌分带明显，从湖边到大通山前有湖积平原、冲积平原、洪积平原、风积沙丘等。本研究主要限于海拔3200～3320 m的湖滨地区。由于其相对高差为120 m左右，没有明显的气候垂直分异，因此，与中、小地形差异相关的土壤、水、盐等状况成为决定该区植物群落分异的主导因素。主要土壤类型有沼泽草甸土、栗钙土、黑钙土、风砂土和盐渍土等。土壤呈中性至碱性反应，pH值7.3～9.2，含水量变化范围大(1.3%～40%)，全盐量较高(0.09%～1.8%)。

青海湖北岸湖滨地区具有湖盆所在地区典型的高原大陆性气候特征[9]，气候寒冷干旱。以湖滨地区的刚察县为例，全年以西北风和西风为主，光照充足，太阳辐射强，年平均大风日数为53.1 d。年平均气温为−0.5 ℃，相对极端最低温可达−31 ℃。年降水量为370.3 mm，且集中于6～9月份。年蒸发量为1502 mm。由于巨大的青海湖的存在，形成该湖滨地带特有的气候变化：湖滨地区的年均气温较周边地区高，气温日较差减少，无霜期延长，太阳辐射强烈，湖滨地区降水量较周围山地减少，蒸发量较大，通常白天多湖风，而夜晚多陆风[10]。

1.2 植被特点

青海湖北岸的地带性植被为温性草原[11]，以芨芨草(*Achnatherum splendens*)和短花针茅(*Stipa breuiflora*)等形成的群落为主，在湖滨呈环带状分布[5]。由于湖滨地区特殊的气候，以及土壤、水、盐等生态因子的差异性，形成了与之相适应的不同植被类型。湖水退缩后的盐碱地上发育着以星星草(*Puccinellia tenriflora*)、赖草(*Leymus secalinus*)和西藏早

维普资讯 http://www.cqvip.com

熟禾(*Poa tibetica*)等为主的盐碱地植被；湖滨及河流两侧的低洼滩地上，有以水生或湿生植物华扁穗草(*Blysmus sinocompressus*)、水麦冬(*Triglochin palusttre*)和马蔺(*Iris lactea* var. *chinensis*)等为主的沼泽草甸和草甸；在地形宽阔平坦的湖滨平原由冰草(*Agropyron cristatum*)、芨芨草和短花针茅等优势种形成温性草原。另外，在青海湖东北部的风积沙丘及西北部湖水退缩后的沉沙裸地上还发育着以圆头沙蒿(*Artemisia sphaerocephala*)、刺叶柄棘豆(*Oxytropis aciphylla*)等为优势种的部分沙生植被[12]。本研究的 18 个植物群落限于该区的前 3 个主要植被类型。由湖边至湖岸阶地的湖滨地区，植被依次分布为：沼泽草甸→草甸(或盐碱地植被)→温性草原。

2 研 究 方 法

2.1 样地调查

于 1990 年 8 月，对青海湖北岸湖滨平原的 18 个典型植物群落样地[6]进行样方调查取样，每个样地分别随机设置 1 m × 1 m 的样方 10 个，测定样方内各种植物的数量、盖度、多度、高度和总盖度等，并根据样方数目计算出各物种的频度。同时，测定样地的海拔高度和土壤石灰反应(用 HCl 溶液滴测，视产生 CO_2 气泡情况分为强、中、弱和无共 4 级，用数值表示为 4、3、2 和 1 级)；在样地中分别取 2 个 0～20 cm 深的土壤样品，实验室内测定土壤水分、全盐量及 pH 值等[13]。

2.2 数据分析

2.2.1 重要值

$$IV = (C' + F')/2 \times 100 \tag{1}$$

式中，C' 为相对盖度，F' 为相对频度。

2.2.2 物种多样性　根据 Shannon-Wiener 指数测定物种多样性。

$$D = -\sum_{i=1}^{s}\left(\frac{n_i}{N}\right)\log\left(\frac{n_i}{N}\right) \tag{2}$$

式中，n_i 为第 i 个种群的重要值(IV)，N 为该群落中所有 s 个种群的总重要值，s 为群落中的种群个数。

2.2.3 生态优势度　依据 Simpson 公式计算

$$C = \sum_{i=1}^{s}(n_i/N)^2 \tag{3}$$

式中，s、n_i 及 N 含义同公式(2)。

2.2.4 植物群落的排序　用群落的环境因子数据原始矩阵(表 1 前 5 项)进行 PCA 排序分析，程序用拉德维格等编制的 PCA. BAS[14]在 AST486 微机上进行计算。

2.2.5 植物群落结构特征对环境梯度的数学模型　利用多元统计分析的方法，分别以各群落的 PCA 的 A_{X_1} 和 A_{X_2} 排序值为因变量(Y_1、Y_2)，以各群落的物种多样性和生态优势度(X_1、X_2)为自变量，用 PCREG. BAS 程序[14]在 AST486 微机上进行运算，分析植物群结构特征对环境梯度的相关与回归，并建立相应的数学模型。

3 结 果 和 分 析

3.1 植物群落的 PCA 排序

采用表 1 中前 5 项环境因子数据，对青海湖北岸 18 个植物群落进行 PCA 二维排序，

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 青海湖北岸植物群落的环境因子及群落数据

Table 1 Community data and environmental factor characters of plant communities in the north shore of Qinghai Lake

群落编号 Community number	土壤水分 Soil moisture	土壤 pH Soil pH	全盐量 Soil salt	高程 Altitude	石灰反应 Lime reaction	多样性 Species diversity	生态优势度 Ecological dominance
C1	7.06	8.10	0.674	3200	3.00	1.943	0.186
C2	4.07	8.06	0.437	3210	2.00	1.630	0.220
C3	3.31	8.15	0.066	3245	3.00	1.952	0.187
C4	5.68	7.85	0.124	3215	4.00	2.463	0.132
C5	9.36	8.13	0.414	3200	3.00	2.676	0.079
C6	2.13	7.33	0.049	3205	4.00	2.660	0.081
C7	2.48	8.12	0.022	3240	2.00	2.362	0.115
C8	2.82	7.93	0.050	3290	2.00	2.397	0.112
C9	65.32	8.94	0.081	3210	4.00	1.386	0.531
C10	15.22	8.76	0.079	3220	4.00	1.536	0.248
C11	17.58	8.36	0.078	3225	3.50	1.547	0.252
C12	1.34	8.82	0.017	3230	4.00	2.403	0.104
C13	2.03	8.20	0.038	3240	2.50	2.407	0.116
C14	19.73	8.11	0.814	3245	2.00	1.991	0.175
C15	1.72	8.47	0.016	3255	2.75	2.177	0.133
C16	2.28	7.99	0.023	3265	2.75	2.111	0.164
C17	7.57	7.47	0.049	3220	1.25	2.192	0.121
C18	8.68	8.73	0.165	3260	0.50	1.843	0.191

C1. 星星草+海乳草群落；C2. 唐古特铁线莲群落；C3. 赖草+百蕊草群落；C4. 西藏早熟禾+鹅绒委陵菜群落；C5. 波伐早熟禾+青藏苔草+披针叶黄华群落；C6. 苔草+沙蒿群落；C7. 赖草+狭叶青蒿群落；C8. 矮生蒿草+紫花针茅+沙蒿群落；C9. 刚毛荸荠群落；C10. 水麦冬+华扁穗草+大花蒿草群落；C11. 华扁穗草+荸荠+斑唇马先蒿群落；C12. 鹅绒委陵菜+镰形棘豆群落；C13. 草甸雪兔子+华扁穗草群落；C14. 马蔺+小药大麦群落；C15. 冰草+二裂委陵菜群落；C16. 芨芨草+猪毛蒿+高山苔草群落；C17. 紫花针茅+波伐早熟禾群落；C18. 短花针茅群落。

C1. Comm. *Puccinellia tenuiflora*+*Glaux maritima*; C2. Comm. *Clematis tangutica*; C3. Comm. *Leymus secalinus*+*Thesium chinensis*; C4. Comm. *Poa tibetica*—*Potentilla anserina*; C5. Comm. *Poa poophagorum*—*Carex moorcroftii*—*Thermopsis lanceolata*; C6. Comm. *Carex* spp. +*Artemisia desertorum*; C7. Comm. *Leymus secalinus*+*Artemisia dracunculus*; C8. Comm. *Kobresia humilis*+*Stipa purpurea*+*Artemisia desertorum*; C9. Comm. *Eleocharis valleculosa*; C10. Comm. *Triglochin palustre*+*Blysmus sincompressus*+*Kobresia macrantha*; C11. Comm. *Blysmus sinocompressus*+*Eleocharis quinqueflora*+*Pedicularis longiflora* var *tubiformis*; C12. Comm. *Potentilla anserina*+*Oxytropis falcata*; C13. Comm. Saussurea thoroldii+Blysmus sinocompressus; C14. Comm. *Iris lactea* var. *chinensis*+*Hordeum roshevitzii*; C15. Comm. *Agropyron cristatum*+*Potentilla bifurca*; C16. Comm. *Achnatherum splendens*+*Artemisia scoparia*—*Carex ivanoviae*; C17. Comm. *Stipa purpurea*+*Poa poophagorum*; C18. Comm. *Stipa breviflora*.

结果见图1。群落环境因子PCA排序分析的前二个主分量占原始数据信息的64.1%，其中第一主分量占40.5%，第二主分量占23.6%。Gauch指出，如果前三个主要特征向量的方差占总方差的40%以上，则排序效果是满意的[15]。因此，该二维排序结果能反映18个群落在环境空间的分布规律。第一主分量的特征值为2.024，第二主分量的特征值为1.181(表2)。由表2可见，第一主分量上海拔高度(高程)、石灰反应和土壤水分的作用较大。由于青海湖水位的逐年下降[10,16]，在湖盆地区的湖滨平原，从湖边至大通山麓，随着海拔的升高，造成水分的递减趋势，表2数据(第一主分量的0.469和—0.562)也显示了土壤水分与高程的负相关关系。因此，第一主分量主要反映群落沿土壤水分梯度的变化规律。对第二主分量作用最大的是土壤全盐量(0.825)，第二主分量主要反映了群落沿全盐含量梯度的变化规律。第二主分量值递增的方向也是土壤全盐含量递增的方向，其间的关系是正的。

由图1可见，青海湖北岸的植物群落中，处于土壤含水量最高的群落是刚毛荸荠(*Eleocharis valleculosa*)群落(C9)，其A_{x_1}排序值为1.827，同时，它也是全盐量最低的群

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2　主分量分析的环境因子负荷量矩阵

Table 2　Loading matrix of environmental factors of PCA

环境因子 Environmental factors	第一主分量 The first component	第二主分量 The second component	第三主分量 The third component
土壤水分　Soil water	0.469	−0.187	0.470
土壤 pH　Soil pH	0.424	−0.351	0.484
全盐量　Soil salt	0.087	0.852	0.334
高程　Altitude	−0.562	−0.389	0.280
石灰反应　Lime reaction	0.526	−0.102	−0.572
特征值　Eigenvalue	2.024	1.181	1.078
信息百分比　Percentage	40.5%	23.6%	21.6%

落，其 A_{x_2} 排序值为 0.741；处于土壤含水量最低的群落是紫花针茅（*Stipa purpurea*）＋波伐早熟禾（*Poa poophagorum*）群落（C17），它的 A_{x_1} 值为 0.346；处于全盐量最高的群落是星星草＋海乳草（*Glaux maritima*）群落（C1），它的 A_{x_2} 值为 1.539。另外，盐碱地植被（SV）位于 PCA 排序图的最上部，A_{x_2} 排序值为 0.8～1.6，反映其环境的全盐含量最高；而沼泽草甸→草甸植被（SM）位于图中的最右部，A_{x_1} 排序值为 0.8～1.8，说明其环境的土壤水分含量最高，这都与实际情况相吻合。因此，PCA 二维排序图直观地反映了植物群落在环境空间中的位置与相互之间的关系。马蔺＋小药大麦（*Hordeum roshevitzii*）群落（C14）处于一个相对独立的位置，其土壤含盐量相对较高，作为草甸植被类型，与另外的群落有较大的环境差异，说明沼泽草甸→草甸植被在青海湖北岸的分布环境异质性较大。图 1 显示了青海湖北岸湖滨平原的主要植物群落随生态梯度的分布规律如下：

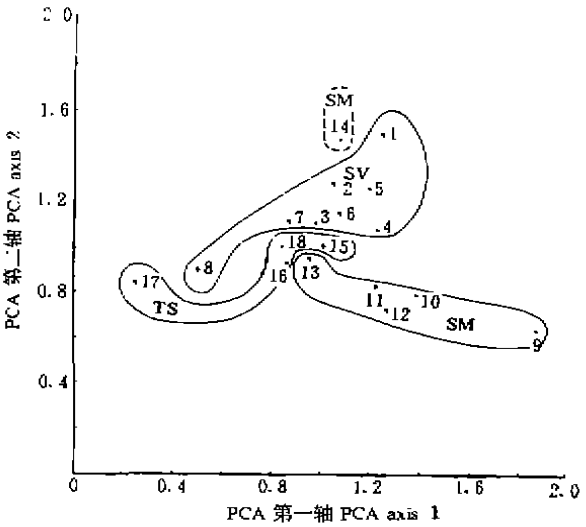

图 1　青海湖北岸植物群落的主分量分析

SM. 沼泽草甸→草甸；SV. 盐碱地植被；TS. 温性草原；1～18. 对应于表 1 中 C1～C18

Fig. 1　PCA of plant communities in the north shore of Qinghai Lake

SM. Sweamp meadow→meadow；SV. Saline vegetation；TS. Temperate stieppe；1～18. Corresponding to C1～C18 of table 1

3.1.1　盐碱地植被　该植被主要分布在湖边到湖岸阶地上，其海拔变化不太大，是在湖水退缩后的盐碱地上形成的植物群落，它同时受到土壤水分和土壤含盐量的影响。在土壤水分含量由高到低的梯度上，即沿 PCA 第一轴（A_{x_1}）由右至左，依次分布着波伐早熟禾＋青藏苔草（*Carex moorcroftii*）＋披针叶黄华（*Thermopsis lanceolata*）群落（C5）、星星草＋海乳草群落（C1）、西藏早熟禾＋鹅绒委陵菜（*Potentilla anserina*）群落（C4）、苔草（*Carex* spp.）＋莎蒿（*Artemisia desertorum*）群落（C6）、唐古特铁线莲（*Clematis tangutica*）群落（C2）、赖草＋百蕊草（*Thesium chinensis*）群落（C3）、赖草＋狭叶青蒿（*Artemisia dracunculus*）群落（C7）和矮生嵩草（*Kobresia humilis*）＋紫花针茅＋沙蒿群落（C8）。在土壤

维普资讯 http://www.cqvip.com

盐分含量由高到低的梯度上，即PCA第二轴(A_{X_2})由上到下，依次分布着C1→C2→C5→C6→C3→C7→C4→C8。这一结果已显示出，该区盐碱地植被随着土壤水分和含盐量的变化，其植物群落最后都为C8，该群落具有温性草原特征，出现向该地区地带性植被(温性草原)[5,11]演变的趋势。

3.1.2 沼泽草甸→草甸 在土壤水分由高到低的梯度上(A_{X_1}轴由右至左)，依次分布着刚毛荸荠群落(C9)、水麦冬+华扁穗草+大花嵩草(*Kobresia macrantha*)群落(C10)、鹅绒委陵菜+镰形棘豆(*Oxytropis falcata*)群落(C12)、华扁穗草+荸荠(*Eleocharis quinqueflora*)+斑唇马先蒿(*Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*)群落(C11)、马蔺+小药大麦群落(C14)和草甸雪兔子(*Saussurea thoroldii*)—华扁穗草群落(C13)。在土壤盐分含量的梯度(A_{X_2})上，除了群落C14的盐分含量较高外，其余群落的土壤全盐量变化不大，A_{X_2}排序值为0.6～0.8，而且含量都较低。

3.1.3 温性草原 在土壤水分由高到低的梯度上(A_{X_1}轴由右至左)，依次排列着冰草+二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)群落(C15)、芨芨草+猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)+高山苔草(*Carex ivanovae*)群落(C16)、短花针茅群落(C18)和紫花针茅+波伐早熟禾群落(C17)。在土壤盐分含量梯度(A_{X_2})上，该植被类型的土壤全盐量变化范围也很接近，其A_{X_2}排序值为0.8～1.0。

3.2 植物群落结构特征与生态梯度的关系

植物群落的物种多样性指数和生态优势度，是定量描述群落的结构和功能的两个生态学指标[7,17,18,20]。因此，为了进一步数量化地揭示植物群落和环境的关系，本研究选择了物种多样性与生态优势度这二个指标，研究青海湖北岸植物群落与生态梯度的关系。由18个群落PCA排序的A_{X_1}和A_{X_2}轴主分量对相应的物种多样性和生态优势度的回归分析结果见表3。

表3 植物群落的主分量与物种多样性和生态优势度的回归分析

Table 3 Regression analysis among principal components values, species diversity and ecological dominance of plant communities

主分量 Component	因子 Indexes	回归系数 Regression coefficients		测定系数 r^2	t统计量 t	自由度 df
		B_0	B_1			
Y_1	X_1	0.763	−0.364	0.171	−1.819	16
Y_1	X_2	−0.471	2.867	0.343	2.888	16
Y_2	X_1	−0.203	0.097	0.021	0.586	16
Y_2	X_2	0.118	0.712	0.036	−0.777	16

$Y_1 = -4.85 + 1.47X_1 - 10.71X_2$ $R^2 = 0.586$ $df = 15$

$Y_2 = 0.97 - 0.28X_1 - 2.24X_2$ $R^2 = 0.052$ $df = 15$

$R_{0.05} = 0.574$; $R_{0.01} = 0.677$; X_1. 物种多样性; X_2. 生态优势度; Y_1. 第一主分量; Y_2. 第二主分量。

X_1. Species diversity; X_2. Exological dominance; Y_1. The first component; Y_2. The second component.

由PCREG.BAS输出的A_{X_1}和A_{X_2}回归到物种多样性(X_1)和生态优势度(X_2)上的结果表明，每个分量分别和群落结构特征的这两个指标之间没有显著的一元线性关系。由表3测定系数r^2分别给出的r都很低且不显著。说明青海湖北岸植物群落的物种多样性与土壤水分梯度之间、以及生态优势度与土壤水分梯度之间不呈线性相关；同样地，群落的物种多样性和生态优势度分别沿土壤全盐量梯度也不呈线性变化规律。

维普资讯 http://www.cqvip.com

由表3可见，青海湖北岸植物群落的PCA排序的$A_{X_1}(Y_1)$和$A_{X_2}(Y_2)$分别与物种多样性和生态优势度的多元线性回归的测定系数分别为0.586和0.052，由它们给出的r分别为0.765和0.228，表明青海湖北岸土壤水分梯度与物种多样性和生态优势度二元指标之间呈极显著二元线性相关，统计数学模型为：

$$Y_1 = -4.85 + 1.47X_1 + 10.71X_2 \qquad (P<0.01)$$

该模型中，物种多样性(X_1)对A_{X_1}轴的贡献率为35.1%，生态优势度对A_{X_1}轴的贡献率为64.9%。说明生态优势度在数学模型中对每一主分量的作用最大。第二主分量与群落的物种多样性和生态优势度二元指标之间没有显著的二元线性相关关系，即青海湖北岸土壤全盐量梯度与这两个指标描述的植物群落的特征不呈线性相关。

上述结果表明，青海湖北岸植物群落的物种多样性或生态优势度单个指标和群落的生境关系不明显；相应地，单独的物种多样性指标或生态优势度指标不能很好地描述该地区植物群落的特征，将这两个指标结合才能较好地反映群落的组成结构特征[7]。同时，用这两个指标通过数学模型，可预测或推断群落相应的土壤含水量，并对植物群落与生态梯度进行环境解释。

4 讨论和结语

4.1 青海湖北岸植物群落沿生态梯度的排序分析结果与群落的实际分布情况是相吻合的，这一研究结果说明，采用群落的环境因子数据，对植物群落进行间接梯度排序分析，不仅可以直观地反映植物群落的分布特征，以及群落之间的关系，而且能够客观地找出决定群落类型及格局的主要生态因子，即排序轴所表现的生态梯度，从而避免了以往研究中常由群落数据得到的排序结果进行群落与环境关系分析时的缺陷，即克服了对排序轴对应的环境变量假设的主观性。因此，在生态空间获得的群落排序结果是比较满意的，并为进一步深入分析群落特征与生态因子之间的关系打下了可靠的基础。但是，值得注意的是要慎重地选取可能对植物群落有影响的环境因子，以免忽略那些对植物群落分异起着主导作用的生态因素。

4.2 在青海湖北岸湖滨平原地区，海拔相对高差不大，无明显的气候垂直差异，造成植物群落在空间地理分布上的变化，主要决定于环境中的土壤水分含量及土壤全盐含量。研究结果表明，由于近几十年来湖水的退缩，该研究地区的高程与土壤含水量之间呈负相关，即从湖边到湖岸，随着高程的增加，土壤含水量逐渐降低。这种土壤水分含量在青海湖盆北岸及环湖地区的环带状分布，正是陈桂琛和彭敏[5]报道的该区植被带状分布的原因。

4.3 芨芨草为盐生旱中生丛生禾草，《中国植被》一书将芨芨草群落放在盐生草甸植被类型中[19]，主要指生长于排水良好、地下水位较高的低洼地周围的中度盐渍化草甸土上的芨芨草群落。而在青海湖北岸湖滨平原干旱的环境下生长的芨芨草群落也很茂盛，其土壤地下水位深(2 m以下)，土壤为淡栗钙土，土壤剖面下存在潜育层，地表面也无盐结皮，土壤沙性大，排水好[11,16]，与典型的芨芨草盐生草甸的环境有所不同。图1也显示了芨芨草群落(C16)位于草甸植被(SM)的左边，在土壤水分梯度(A_{X_1})上处于土壤含水量较低的位置，更接近于温性草原植被(TS)，这一排序结果表明该区芨芨草群落与典型的盐生草甸芨芨草群落不同。因此，本研究结果支持周立华等的观点[11]，将青海湖地区的芨芨草群

维普资讯 http://www.cqvip.com

落作为温性草原的一个类型更符合实际情况。

4.4 描述植物群落的组成结构特征常用物种多样性或生态优势度这两个指标是有效的。但是，将它们用于群落的环境解释表明，这两个指标分别与环境梯度之间不存在明显的线性相关，而它们与环境梯度呈显著的二元线性关系。因此，植物群落的物种多样性与生态优势度的结合才是描述群落特征的更有效的指标，它们不仅能够描述群落的组成结构，而且能同时揭示群落所在的环境状况。植被是环境特征的综合反映，一定的植物群落对其生境梯度具有一定的指示性，过去常用群落的某些指示种来定性地描述生境特征，本研究定量分析了群落组成结构的数量特征与其生境梯度的关系，结果进一步表明，用物种多样性与生态优势度这两个指标对群落排序主分量（生态梯度）进行回归分析，其数学模型可用于推断群落相应的环境梯度，并描述群落在环境空间中的分布格局，以及解释群落和生境的关系。

参 考 文 献

1 汪洪，黄建辉，陈灵芝等．东灵山植物群落的排序、数量分类与环境解释．植物学报，1994，**36**：539～551

2 Whittaker R H. 王伯荪译．植物群落排序．北京：科学出版社，1986，2～6

3 张新时．西藏阿里植物群落的间接梯度、数量分类和环境解释．植物生态学与地植物学学报，1991，**15**：101～113

4 高琼，李霞．生物群落梯度分析方法及其计算软件的比较．见：中国科学院生物多样性委员会编．生物多样性研究的原理与方法．北京：中国科学技术出版社，1991，166～177

5 陈桂琛，彭敏．青海湖地区植被及其分布规律．植物生态学与地植物学学报，1993，**17**：71～81

6 刘庆，周立华．青海湖北岸植物群落的数量分类．西南师范大学学报（自然科学版），1993，**18**：485～492

7 刘庆．青海湖北岸植物群落的数量特征．兰州大学学报（自然科学版），1993，**26**：27～33

8 彭敏，陈桂琛．青海湖地区植被演变趋势的研究．植物生态学与地植物学学报，1993，**17**：217～223

9 中国科学院兰州地质研究所等．青海湖综合考察报告．北京：科学出版社，1979，1～30

10 中国科学院兰州分院，中国科学院西部资源环境研究中心．青海湖近代环境的演化和预测．北京：科学出版社，1994，2～3

11 周立华，孙世洲，陈桂琛等．青海省植被图（1：1000000）．北京：中国科学技术出版社，1990

12 陈桂琛，彭敏，赵京．青海湖地区沙生植被遥感解译及其保护．中国沙漠，1991，**11**（3）：44～49

13 中国科学院南京土壤研究所．土壤理化分析．上海：上海科技出版社，1978：132～135，200～208，466～467

14 拉德维格 J A，蓝诺兹 J F．李育中等译．统计生态学．呼和浩特：内蒙古大学出版社，1990，131～197

15 Ganch H G. 杨持等译．群落生态学中的多元分析．北京：科学出版社，1989，140～148

16 周立华，彭敏，陈桂琛．人类活动对青海湖水位下降的影响．湖泊科学，1992，**4**（3）：32～37

17 钱宏．长白山高山冻原植物群落的生态优势度．生态学杂志，1990，**9**（2）：24～27

18 彭少麟，周厚诚，陈天杏等．广东森林群落的组成结构数量特征．植物生态学与地植物学学报，1989，**13**：10～17

19 中国植被编辑委员会．中国植被．北京：科学出版社，1983，658～659

20 Watkins A J，Wilson J B. Plant structrue and its relation to the vertical complexity of communities. Dominance/diveristy and spatial rank consistenoy. *Oikos*，1994，**70**（1）：91～98