

文章编号: 0455-2059(2004)03-0060-06

青藏高原青南地区植物群落生态梯度分析

王文颖^{1,2}, 王春燕³, 王启基⁴, 王刚¹, 王长庭⁴, 史惠兰⁴

(1. 兰州大学 干旱与草地农业生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 青海师范大学 生物系, 青海 西宁 810008; 3. 兰州大学 学报编辑部, 甘肃 兰州 730000;
4. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 依据对青藏高原青南地区 26 个群落的样地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, 定量分析植物群落在空间的分布格局, 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地理位置驱动下的水热条件, 其次还受制于土壤养分。代表植物群落结构特征的生物多样性和丰富度分别与环境梯度有显著的相关性, 随年均温和年降水量减少, 群落物种多样性和丰富度有降低的趋势。

关键词: 青南地区; 植物群落; PCA 技术; 生态梯度分析

中图分类号: Q142

文献标识码: A

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, 环境解释有助于客观和定量地阐明植被与环境因子的关系, 即不仅给出植物群落类型及其梯度的物理原因, 且通过定量分析, 建立起群落及其梯度的空间分布模型^[3]。本工作试图利用植物群落环境因子排序和环境解释的理论与方法, 研究青藏高原腹地青南地区植物群落与环境因子间的关系。

早在 20 世纪 70 年代, 科技工作者对该地区的各种植被类型的分布、区系组成及其生物生产量进行以线路调查为主的地理学和生态学的探索。近年来, 结合生态系统定位研究和国家“八五”攀登项目研究, 选典型的植被类型开展了不同深度的结构和功能研究^[4], 但缺乏有关植被与环境关系的数量分析研究。基于上述原因, 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有关系。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 研究区自然概况

1.1 自然条件概况

青藏高原腹地——青海省南部地区(简称青南地区), 包括班玛县、达日县、甘德县、玛沁县、玛多县, 地处北纬 32°42.04'~36°26.97', 东经 98°49.05'~100°54.62', 海拔 3255~4340 m。气候属典型大陆型气候, 气温受纬度和海拔的影响, 变化差异较大, 总的分布趋势是东南高, 西北低, 年平均温变化范围为 2.7~4.5°C。降水量由东南向西北逐渐减少, 降水量变化范围为 767.0~326.3 mm。主要土壤类型有: 灰褐土、高山灌丛草甸土、高山草甸土、高山草原土。

1.2 植被特点

该地区的地势为东南低, 西北高, 从东南向西北随海拔逐渐升高, 地带性植被依次为针叶林、高寒灌丛、高寒草甸和高寒荒漠草原。青南地区森林植被属我国西南亚热带森林向青藏高原的延伸部分, 西南山地垂直带上部的暗针叶林成为青藏高原植被垂直带谱的基带^[5]。主要由川西云杉(*Picea likiangensis* var. *balfouriana*)和密枝圆柏林(*Sabina convallium*)组成。高寒灌丛主要包括金

收稿日期: 2003-06-02.

基金项目: 国家重大基础研究规划资助项目(G19980840800)

作者简介: 王文颖(1973-), 女, 讲师, 博士研究生。

露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛, 鲜卑花(*Sibiraea angustata*)灌丛, 肋果沙棘(*Hippophae neurocarpa*)灌丛, 鬼箭锦鸡儿(*Garagana jubata*)灌丛等。高寒草甸主要包括小嵩草(*Kobresia pygmaea*)草原化草甸, 藏嵩草(*Kobresia tibetica*)沼泽化草甸, 矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸。高寒草原主要以紫花针茅(*Stipa purpurea*)形成的群落为主。

2 研究方法

2.1 样地调查

对青南地区 26 类典型植物群落样地(原生植被)进行样方调查取样, 乔木群落样地面积 400 m², 每个样地再构成数个 10 m×10 m 的样方, 记录其中所有达到起测径(>3 cm)树木的高度、胸径及生长状况, 同时在样地中随机设置 3 个 2 m×2 m 的小样方测定每种灌木和草本植物的的分盖度和高度。灌木群落和草本植物群落样地面积为 400 m², 随机设置 2 m×2 m 的小样方 4 个, 测定每个物种的分盖度和高度。同时用全球定位系统(GPS)测定各样地的经纬度、海拔高度, 并在每个样地随机取 10 个 0~20 cm 深的土壤样品, 混合, 实验室内测定土壤有机质、全氮、速效氮、全磷、速效磷质量分数。所用方法均为常规分析方法。气候资料取自青海省 1942~1992 年的气候观测数据, 由于气象台

站稀少, 做了必要的补站计算。用于分析的气候因子包括年均温和年均降水量。

2.2 数据分析

2.2.1 乔木、灌木、草本层各物种的重要值

计算公式为

$$\text{乔木的重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对优势度} + \text{相对高度}) / 300, \quad (1)$$

$$\text{灌木和草本的重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度}) / 200. \quad (2)$$

式(1)中的相对优势度指的是胸高断面积的相对值, 树高是决定树木在群落中地位的重要因子, 所在在计算林木重要值时, 选择了相对高度这个因子。群落中乔灌木的重要值是分别计算的。

2.2.2 物种多样性

根据 Shannon-Weaver 指数测定物种多样性

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i,$$

式中 P_i 为群落中各物种的重要值。

$$\text{群落物种多样性} = H'_{\text{乔}} + H'_{\text{灌}} + H'_{\text{草}}.$$

2.2.3 植物群落排序

用群落的环境因子数据原始矩阵(表 1 前 10 项)进行 PCA 分析, PCA 分析及相关环境解释

表 1 青南地区植物群落环境因子及群落数据

Table 1 Community data and environmental factor characters of plant communities on the south Qinghai-Tibet Plateau

样方号	纬度/(°)	经度/(°)	海拔/m	温度/°C	降雨量/mm	有机质/%	全氮/%	速效氮/ 1×10^{-6}	全磷/%	速效磷/ 1×10^{-6}	丰富度	多样性
1	32.70	101.04	3255	2.6	767	13.48	5.18	247	345	8.70	26	6.46
2	32.73	100.90	3465	2.6	750	22.35	8.32	408	510	4.56	23	5.64
3	32.73	100.91	3340	2.6	750	16.33	8.81	372	330	2.93	31	6.74
4	32.71	100.86	3440	2.6	750	18.43	7.56	386	600	7.14	30	6.81
5	32.76	100.85	3340	2.6	750	6.41	5.30	141	615	12.15	34	7.21
6	32.76	100.83	3360	2.6	713	13.37	2.95	158	525	10.88	43	7.73
7	32.87	100.82	3520	2.7	713	6.43	3.18	176	470	13.32	37	6.35
8	32.91	100.71	3590	2.6	665	5.86	3.48	100	470	11.38	30	6.09
9	32.99	100.70	3580	2.6	665	5.92	1.36	136	460	7.03	30	6.37
10	33.00	100.70	3590	2.6	665	5.69	6.65	121	600	5.85	29	4.37
11	33.11	100.58	3700	1.2	696	12.90	2.42	431	330	9.62	12	4.73
12	33.17	100.49	3810	0.2	696	15.24	3.33	389	510	7.86	17	3.80
13	33.28	100.40	4310	-0.1	660	9.56	5.14	357	765	10.63	32	5.38
14	33.93	99.74	4350	-2.1	530	10.81	5.07	283	610	11.99	20	3.97
15	33.91	99.79	4250	-2.1	530	10.24	4.67	176	525	10.16	27	5.10
16	33.91	99.79	4248	-2.1	530	11.24	7.18	451	730	12.18	17	3.60
17	33.78	99.46	4150	-1.7	569	11.25	3.03	323	505	8.24	29	6.18
18	33.97	99.47	4070	-2.9	566	11.72	9.34	316	130	6.78	23	4.20
19	34.06	99.37	4180	-3.4	500	29.47	9.43	419	195	7.36	17	3.28
20	34.15	99.33	4350	-3.4	500	12.00	5.59	338	100	4.60	27	4.17
21	34.36	99.20	4220	-3.9	442	6.70	2.50	147	60	5.23	13	3.31
22	34.66	99.12	4220	-4.1	430	13.48	2.04	199	10	6.57	21	3.71
23	35.03	97.65	4230	-4.5	340	8.59	1.08	76	50	5.90	10	2.84
24	35.11	97.78	4240	-4.5	340	9.33	0.87	60	135	4.90	9	2.74
25	34.95	98.12	4210	-4.1	326	7.34	0.26	47	380	4.50	7	1.93
26	34.69	98.08	4304	-4.1	350	7.02	1.67	125	90	7.20	14	3.23

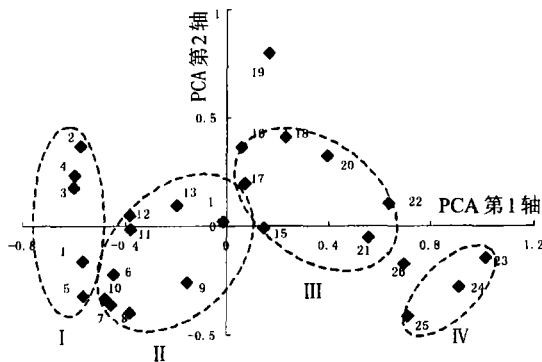
1. 密枝圆柏+匍匐甸子; 2. 川西云杉+青海锦鸡儿; 3. 密枝圆柏+刚毛忍冬; 4. 川西云杉+冰川茶藨子; 5. 川西云杉+岩生忍冬;
6. 火棘+高山绣线菊; 7. 山生柳+小叶锦鸡儿; 8. 窄叶鲜卑花+毛坡柳; 9. 鲜卑花+金露梅; 10. 狼毒+高山蓼; 11. 鲜卑花+毛坡柳;
12. 雪白委陵菜+垂穗披碱草; 13. 金露梅+矮嵩草; 14. 金露梅+小嵩草; 15. 金露梅+毛坡柳+粗喙苔草; 16. 小嵩草+美丽风毛菊;
17. 鬼箭锦鸡儿+毛坡柳+羊茅; 18. 小嵩草+兰花棘豆; 19. 藏嵩草+黑褐苔草; 20. 小嵩草+矮嵩草+金露梅; 21. 小嵩草+兰花棘豆;
22. 矮嵩草+小嵩草; 23. 紫花针茅+矮火绒草+金露梅; 24. 紫花针茅+垫壮蚤缀; 25. 紫花针茅+艾蒿; 26. 小嵩草+紫花针茅.

所用软件是《统计生态学——方法和计算入门》程序包中的PCA和Pregc程序^[6]. 多元回归分析采用SPSS软件包相关分析方法^[7].

3 结果与分析

3.1 群落样地PCA排序

采用表1中前10项环境因子数据,对青南地区26类植物群落进行PCA二维排序,结果见图1和表2. 群落环境因子PCA排序分析的前两个主分量信息占原始数据信息的68.9%,其中第1主分量(也代表图1中的轴1)占51.4%,第2主分量(轴2)占17.5%. Gauch^[8]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.



I 高寒针叶林; II 高寒灌丛; III 高寒草甸; IV 高寒草原

图1 青南地区植物群落主分量分析

Fig. 1 PCA of plant communities on the south Qinghai-Tibet Plateau

因此,可以认为二维排序结果即可反映26个群落在环境空间的分布规律,由表2可以看出,第1主分量上纬度、降雨量、经度、温度、海拔在第1主分量的负荷量较高,分别为0.978, -0.976, -0.969, -0.939, 0.821,即上述几个因子在第1主分量(也即轴1)上的作用较大,这说明青南地区植被分布格局主要受控于地理因素影响下的水热综合条件.另外,表2的数据也显示了该地区地理因子、年均温及年降雨量之间的关系(通过正负号),在青南地区随纬度升高,经度减少即由东南向西北,海拔升高,降雨和年均温降低.第1主分量(轴1)递增

的方向是纬度、海拔升高,温度、降雨量下降的方向.因此,第1主分量(轴1)主要反映了群落沿降雨量减少,气温下降梯度上的变化规律.

对第2主分量影响最大的是土壤速效氮、有机质和全氮,它们在第2主分量上的负荷量分别为0.814, 0.792, 0.720.由此也可以看出,速效氮、有机质和全氮之间为正相关关系,第2主分量主要反映了群落沿速效氮,有机质,全氮的土壤养分梯度的变化规律,第2主分量递增的方向也是速效氮、有机质、全氮含量递增的方向.

这说明青南地区植物群落的分布格局主要表现为受水热影响下的地带性植被类型特征,其次还受到局部土壤养分的影响.

图1是用10项环境因子对26个群落进行排序所得的结果,显示了青南地区主要植物群落随生态梯度的分布规律.沿轴1依次分布着高寒针叶林、高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原.

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	第1主分量(轴1)	第2主分量(轴2)	第3主分量
纬度	0.978	0.050	-0.030
经度	-0.969	0.004	0.103
海拔	0.821	0.274	0.312
温度	-0.939	-0.242	-0.067
降雨	-0.976	0.013	0.013
有机质	-0.219	0.792	-0.371
全氮	-0.485	0.720	-0.075
速效氮	-0.418	0.814	0.043
全磷	-0.681	-0.096	0.360
速效磷	-0.371	-0.208	0.765
特征值	6.679	2.276	1.577
信息百分比	51.4	17.5	12.100
累计百分比	51.4	68.9	81.000

3.1.1 高寒针叶林

分布在青海境内的寒温性针叶林属于我国寒温性针叶林的上限,主要由川西云杉和密枝圆柏组成.由图1可以看出针叶林分布在PCA第1轴的最左侧,分值仅从-0.598 ~ -0.568,表明高寒针叶林分布在样带东南端温度较高,降雨量较大的地段,另外分值差异仅0.03,说明该地区针叶林的分布

布范围较窄. 一般川西云杉分布在阴坡, 密枝圆柏分布在阳坡. 在土壤速效氮、有机质、全氮由高到低的梯度上, 即PCA第2轴由上至下, 依次分布着2→4→3→1→5号样地, 由于川西云杉一般分布在阴坡, 而密枝圆柏分布在阳坡, 所以川西云杉群落(2, 4)的土壤养分含量较密枝圆柏林(3, 1)高, 5号样地虽然也有川西云杉, 但养分含量较低, 主要是由于该群落中乔木成分大为减少, 川西云杉种群郁蔽度仅占30%, 最高的树也仅有10 m左右, 而其他川西云杉林中, 川西云杉的郁蔽度平均达60%以上, 平均树高在21 m左右. 此外, 5号样地中已出现了高寒灌丛成分的金露梅等, 而且灌木的比重较大, 说明该群落是针叶林向高寒灌丛的过渡成分, 这也从另外一个侧面反映了该地区林线的位置.

3.1.2 高寒灌丛

高寒灌丛在PCA第1轴上的排序值为-0.454~0.145, 排序值跨度较大, 一方面说明高寒灌丛在青南地区分布范围广, 另一方面也表明高寒灌丛适应当地的气候条件. 在PCA第1轴上, 依次分布着火棘+高山绣线菊+火绒草群落、山生柳+小叶锦鸡儿+珠芽蓼群落、鲜卑花+毛坡柳+珠芽蓼群落、金露梅+鲜卑花+粗喙苔草群落、鲜卑花+金露梅+珠芽蓼群落、金露梅+小嵩草+短柱苔草群落、鬼箭锦鸡儿+毛坡柳+羊茅群落、毛坡柳+金露梅+粗喙苔草群落. 一般而言, 火棘群落主要分布在海拔3300 m左右的针叶林内或林间. 鲜卑花群落主要分布在水热条件较好的地区, 多在针叶林向高寒灌丛过渡的地段, 从图1也能看到这一点, 火棘灌丛, 鲜卑花灌丛在位置靠近针叶林的样地.

金露梅灌丛是青藏高原分布最为广泛的物种之一, 在青藏高原高寒气候条件下, 金露梅得到充分发育^[5]. 从取样结果看, 样地5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 20中均有金露梅出现, 从图1可以看出, 金露梅所在样地在PCA第1轴上的取值范围为-0.454~0.398, 相差0.852. 说明沿水热梯度轴, 金露梅分布范围很广.

由表3可以看出, 金露梅分布在海拔3340~4350 m的地带上, 其分盖度有先升高后降低的趋势. 表明金露梅的分布范围虽然很宽, 但也有自己的最适生存区间. 另外高度也有类似现象, 在乔木群落中, 由于乔木层和其他高大灌木形成郁蔽, 导致金露梅高度低、盖度小. 在海拔3500~4000 m的地带, 金露梅发育相对较好, 平均高度达31.7 cm, 而在海拔超过4000 m的地带, 其平均高度仅为10 cm, 尤其在海拔4300 m的分布上线, 平均高度仅5 cm. 另外, 海拔低于4000 m的金露梅灌丛, 主要伴生种有鲜卑花, 毛坡柳, 珠芽蓼等, 而在海拔超过4000 m的地带, 除了金露梅, 几乎没有其他伴生的灌木种, 伴生的草本植物主要是矮嵩草, 小嵩草, 苔草等高寒草甸的成分. 这一方面说明金露梅是最耐高寒环境的灌木种类之一, 另一方面说明海拔超过4000 m的高寒灌丛中侵入了大量高寒草甸的成分, 实质是两者的交错带.

3.1.3 高寒草甸

高寒草甸的发生、发展和分布规律也是一定地区生物气候的综合产物, 从东南向西北降雨量、温度递减的过程中, 耐寒中生和旱中生地面芽草本植物得以充分发育, 另外在地形雨较多, 冰雪水不断供给的区域, 气候寒冷, 土壤潮湿, 典型草甸也得到相应的发育^[5].

表3 金露梅分布梯度及基本特征

Table 3 Distribution gradients and basic characteristics of *Potentilla fruticosa* in different plots

样地	植被类型	海拔	分盖度	高度	重要值
5	川西云杉, 岩生忍冬, 珠芽蓼	3340	1	20	2.5
7	山生柳, 锦鸡儿, 珠芽蓼	3520	3	30	7.8
9	鲜卑花, 金露梅, 珠芽蓼	3580	30	40	21.6
11	金露梅, 鲜卑花, 毛坡柳	3700	25	25	22.4
13	金露梅, 小嵩草, 苔草	4310	25	7	60.0
17	鬼箭锦鸡儿, 毛柳坡, 羊茅	4150	5	20	10.8
15	毛坡柳, 金露梅, 粗穗苔草	4250	15	15	26.0
14	金露梅, 小嵩草, 短轴苔草	4350	10	5	100.0
20	小嵩草, 矮嵩草, 金露梅	4350	4.5	3	100.0

沿第1梯度轴, 依次分布着小嵩草+美丽风毛菊群落、小嵩草+兰花棘豆群落、小嵩草+矮嵩草+金露梅群落、小嵩草+棘豆+藏忍冬群落、矮嵩

草+小嵩草、小嵩草+紫花针茅群落, 另外还有非地带性植被类型藏嵩草+黑褐苔草群落.

高寒草甸在PCA第1轴上的排序值为0.059~

0.696. 表明沿气候梯度轴高寒草甸分布范围也较宽. 另外高寒灌丛和高寒草甸在PCA第1轴上有一定的重合区, 表明两者的分布界线不是十分明确, 在一定地段, 由于分布地形、坡向等的差异镶嵌分布, 两者的成分互相渗透, 构成交错带.

高寒草甸在PCA第2轴上由上至下依次分布着19→18→16→20→22→21→26号样地, 表明藏嵩草沼泽化草甸(19号样地)中土壤有机质, 速效氮含量较高, 矮嵩草、小嵩草草甸次之, 以26号为代表的高寒草原化草甸有机质、速效氮含量较低, 高寒草甸群落无论沿PCA第1或沿PCA第2轴, 其植物群落最后都为26号群落, 该群落中高寒草原的成分紫花针茅占有一定的优势, 表明该群落为高寒草甸和高寒草原的过渡类型, 但需指出, 这种类型的过渡带在样带上的分布极其狭窄而不明显.

3.1.4 高寒草原

高寒草原分布在PCA第1轴的最右端, 在轴1的排序值为0.71~1.01. 主要以紫花针茅为建群种, 另有垫状植物层片发育较好, 如垫状蚤缀, 垫状点地梅等大量散生在群落之中, 而嵩草属植物已基本上消失.

在土壤养分梯度轴上, 高寒草原植被排序值为-0.144~-0.413, 处于土壤养分轴的下方, 表明高寒草原有机质积累较少, 速效氮含量低, 这主要是由于生草过程微弱, 有机质的氧化分解作用增

强而导致的^[5].

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、丰富度是定量描述植物群落结构和功能的两个主要生态指标^[9]. 因此, 为进一步数量化的揭示群落结构与环境的关系, 我们将26个群落PCA排序在轴1和轴2的得与群落相应的物种多样性, 丰富度做回归分析, 结果见表4.

从表4可以看出, PCA排序的 Y_1 与各群落的丰富度, 物种多样性之间具有显著的一元线性关系($P < 0.05$), 测定的系数 r^2 分别为0.456, 0.647. 说明由东南至西北, 随降雨量减少、温度降低, 群落丰富度减少, 物种多样性降低. 但 Y_2 与两个群落属性之间相关系数值很低, 说明在大尺度上, 群落丰富度、物种多样性与土壤养分之间无线性相关性.

上述结果表明, 该植物地区植物群落丰富度、物种多样性与群落所处的气候因素关系密切, 即降雨量和温度对群落结构的影响显著, 但对于地理跨度较大的地区, 由于地形、坡向和微气候的影响, 土壤养分对群落结构的影响就显得很微弱. 另外, 用群落丰富度, 物种多样性这两个指标, 通过表4的回归方程, 可以预测出植物群落在轴1的排序值, 进而判断出分布和类型, 预测植物群落的地理分布.

表4 植物群落分值与群落结构的回归分析

Table 4 The regression analysis of principal component value and community structure

主分量	因子	回归系数 B_0	B_1	测定系数 r^2	T统计量	自由度df
Y_1	X_1	0.878	-0.037	0.456	-4.575	25
Y_1	X_2	1.264	-0.260	0.647	-6.775	25
Y_2	X_1	0.072	-0.003	0.009	-0.472	25
Y_2	X_2	0.111	-0.023	0.015	-0.612	25

Y_1 : 轴1; Y_2 : 轴2; X_1 : 丰富度; X_2 : 物种多样性.

4 讨论和结语

青藏高原青南地区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.

应用PCA这种经典排序方法, 通过环境因子对青南地区植物群落进行排序分析, 结果表明该

地区植物群落在空间地理分布上很有规律, 这种分布与生态梯度之间具有十分密切的关系. 生态梯度中起主导作用的是地理因素驱动下的降雨和温度, 即水热因子复合的梯度是决定植物群落空间分布格局的关键因素. 沿水热梯度, 大致排列有: 川西云杉林→密枝圆柏林→火棘+高山绣线菊灌丛→山生柳+小叶锦鸡儿灌丛→鲜卑花+毛坡柳灌丛→金露梅+鲜卑花灌丛→鲜卑花+金露梅灌丛→金露梅+小嵩草灌丛→鬼箭锦鸡儿+毛坡柳灌丛→毛坡柳+金露梅灌丛→小嵩草草甸→小嵩草+矮嵩草草甸→小嵩草+紫花针茅交错带→紫花针茅高寒荒漠草原. 沿养分梯度, 大致排列有: 藏嵩草沼泽化草甸→高寒草甸, 针叶林, 高寒灌丛→高寒荒漠草原.

描述植物群落的组成结构特征用物种多样性和物种丰富度这两个指标是有效的. 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存在明显的线性相关, 因此, 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, 用物种多样性与丰富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] 江洪, 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[J]. 植物学报, 1994, 36: 539-551.
- [2] 王伯荪译. 植物群落排序[M]. 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[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(1): 101-113.
- [4] 罗天祥, 石培礼, 罗辑. 等. 青藏高原植被样带地上部分生物量的分布格局[J]. 植物生态学报, 2002, 26(6): 668-676.
- [5] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987.
- [6] Ludwig L A. 统计生态学——方法和计算入门[M]. 李商隐译. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1990.
- [7] 洪楠. 统计分析教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [8] Gauch H G. Poly-analysis in Community Ecology[M]. 杨持译. 北京: 科学出版社, 1989.
- [9] 党承林, 姜汉侨. 云南西畴县草果山常绿阔叶林的数量分类研究[J]. 生态学报, 1982, 2(2): 111-132.

The gradient analysis of plant communities at southern Qinghai of Qinhai-Tibet Plateau

WANG Wen-ying^{1,2}, WANG Chun-yan³, WANG Qi-ji⁴, WANG Gang¹,
WANG Chang-ting⁴, SHI Hui-lan⁴

- (1. Key Laboratory of Arid and Grassland Agro-ecology of the Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China; 2. Department of Biology, Qinghai Normal University, Xi'ning, 810008, China;
3. Editorial Board of the Journal of Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China;
4. Northwest Plateau Institute of Biology, the Academy of Sciences, Xi'ning, 810001, China)

Abstract: Twenty-six plant communities were surveyed by quadrats in southern Qinghai of Qinghai-Tibet plateau. The communities were analyzed using the principal component analysis(PCA) ordination and the regression procedure to determine the distribution patterns of the plant communities and the relationship between the communities and environmental factors. The results showed that the distribution of the plant communities was closely related to the annual average temperature and the annual precipitation, and also to soil nutrients. The correlation between species diversity of the communities and the gradient of environmental factors was significant, and community richness, species diversity decreased with a drop in annual average temperature and annual precipitation.

Key words: Qinghai-Tibet plateau; plant community; PCA analysis; ecological gradient analysis