

# 岷江上游植物群落稳定性研究<sup>\*</sup>

冶民生<sup>1,2</sup>, 吴斌<sup>2</sup>, 关文彬<sup>3</sup>, 马克明<sup>4</sup>, 刘国华<sup>4</sup>, 张宇清<sup>2</sup>

(1. 青海省工程咨询中心, 西宁 810001; 2. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 3. 北京林业大学 自然保护区学院, 北京 100083; 4. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100083)

**摘要:** 采取定性与定量相结合的方法, 评价了岷江上游典型植物群落的稳定性。将植被盖度、多样性、复杂性、演替度等反映植被稳定性的数量特征指标结合气候、地形、土壤等外部环境因子建立评价体系, 利用层次分析法确定指标权重, 利用综合指数法计算群落稳定性。结果表明: 源区植物群落中, 云杉林、柳灌丛、窄叶鲜卑花灌丛、冷杉林、绣线菊灌丛有较高的稳定性值, 沙棘和小果小檗灌丛稳定性值较低; 草甸群落中, 苔草草甸和白茅草草甸具有较高的稳定性值, 蒿草草甸和高山草甸稳定性值较低。干旱河谷植物群落中, 绣线菊灌丛、瑞香灌丛、小花滇紫草灌丛、小马鞍羊蹄甲- 白刺花灌丛、荻灌丛有较高的稳定性值, 西南野丁香灌丛、驼绒藜灌丛、川甘亚菊灌丛的稳定性值较低。

**关键词:** 植物群落; 群落稳定性; 层次分析法; 指标体系; 岷江上游

中图分类号: Q145.2; S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0259-05

## Plant Community Stability in the Upper Reaches of Minjiang River

YE Min-sheng<sup>1,2</sup>, WU Bin<sup>2</sup>, GUAN Wen-bin<sup>3</sup>, MA Ke-ming<sup>4</sup>, LIU Guo-hua<sup>4</sup>, ZHANG Yu-qing<sup>2</sup>

(1. Qinghai Engineering Consulting Center, Xi'ning 810001, China; 2. College of Soil and Water Conservation of Beijing Forestry University, Key Lab. of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China; 3. College of Nature Conservation of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Research Center for Eco-Environment Sciences, CAS, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The plant community stability in the upper reaches of Minjiang River is evaluated using the methods of qualitative analysis and quantitative analysis. The index system was developed combining quantitative character indices reflecting vegetation stability, such as vegetation coverage, diversity, complexity and degree of succession with external environmental factors such as climate, topography and soil character, hence supplementing the insufficiency that previous researches on vegetation stability assessment take the only vegetation character into account. The weighting values of the relative importance of the indices are established by using the analytic hierarchy process (AHP), and the stability of plant communities are computed by using the synthesized index method. The results indicate: the plant formations of origin region, form. *Picea asperata*, form. *Salix* spp., form. *Sibiraea angustata*, form. *Abies faxoniana*, form. *Spiraea* spp. have higher stability, while *Hippophae rhamnoides* and form. *Berberis amurensis* have lower one. Form. *Imperata cylindrical* and form. *Imperata cylindrica* have a higher stability, form. *Kobresia* spp. and form. Sub-alpine have lower one. In the plant formations of the arid valley region, form. *Spiraea* spp, form. *Daphne* spp., form. *Onosma farrerii*, form. *Bauhinia faberi*, *Sorghora vrcifolia*, form. *Caryopteris* spp., form. *Quercus cocciferoides* have a higher stability, while form. *Leptodermis purdom*, form. *Ajania breviloba* and form. *Ceratooides arborescens* have lower one.

**Key words:** plant communities; communities stability; analytical hierarchy process(AHP); index system; the upper reaches of Minjiang River

\* 收稿日期: 2008-06-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046807)

作者简介: 冶民生(1979-), 男, 青海民和人, 博士, 主要从事生物多样性保护、水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: ymsbjfu@126.com

通信作者: 关文彬(1965-), 男, 辽宁建平人, 博士, 副教授, 主要从事生物多样性保护和植被生态学研究。E-mail: desert wx@bjfu.deu.cn

稳定性是生态系统最重要的特征之一, 植物群落是生态系统维持相对稳定的基础<sup>[1]</sup>。稳定性是植物群落结构与功能的一个综合性特征, 植物群落的稳定性研究在理论和实践中均有重要的意义。前人对稳定性的研究多取植被的数量性特征作为研究指标<sup>[2-5]</sup>, 主要关注物种多样性对生态系统稳定性的影响<sup>[6-8]</sup>, 这些数量性特征反映了植被发育及演替阶段性状况, 能从一定程度上反映植被稳定性。但很少有研究从群落生物、生态学过程以及气候、地形、土壤等影响植被的综合环境因子来关注植被的稳定性。然而, 植被生态系统是由植物群落和相互依存的环境组成具有特定功能的有机整体, 稳定性的维持受群落内的物种多样性、种间竞争作用、环境条件等一系列生物生态学过程的控制, 在不同的情况下, 其中任何一方面都可能成为影响植被稳定性的主导因素<sup>[9]</sup>。因此综合植被自身状况及其外部环境因素进行稳定性评价能更为全面地反映植被稳定性状况。

现有对岷江上游植被的研究, 还未曾涉及到植物群落稳定性方面。对岷江上游典型植物群落稳定性研究有助于了解植被的动态特征和变化规律, 为天然植被的保护利用以及建立稳定的人工植被提供科学依据。

### 1 研究地区概况

研究地区自然概况、样带、样地设计以及取样方法和数据的采集参见文献[10]。

### 2 研究方法

采用层次分析法评价影响因素的权重<sup>[11]</sup>, 用综合指数法来评价植被群落的稳定性程度。岷江源区和干旱河谷植物群落的划分参见文献<sup>[12-13]</sup>。

#### 2.1 评价指标体系的建立

影响群落稳定性的因素十分复杂, 表现特征多种多样, 因此难以选用一个或几个指标来评价。如果把所有影响因素及表现特征均列入稳定性评价指标体系, 则指标体系将会十分庞大。岷江上游植被

稳定性主要来自其生态系统内部机理的组合失调, 表现为土壤、气候等生境异质性以及植被自身状况的影响。在建立群落稳定性指标体系时, 选取具有代表性、综合性、系统性和可行性的指标。分析一般生态稳定系统的特征, 并重点考虑岷江上游地区的实际情况, 分别从土壤因子、气候因子、地形因子及植被自身状况建立一套有序层次的评价指标体系, 见图 1。

该评价指标体系分 3 个层次: 目标层 A: 对岷江上游植物群落稳定程度进行总体评价; 综合指标层 B: 该层由不同的影响因子系统组成; 要素指标层 C: 具体反映综合指标层的多项指标, 是对综合指标层下继续分支出来的诸多因子进行评价, 这些因子分别从不同角度描述目标层诸因素, 在更细层次上反映评价目标。

#### 2.2 评价指标权重的确定

权重能够反映各参评因子对植物群落稳定性作用的强弱, 突出主要因子对评价结果的影响。采用层次分析法, 在专家对各参评因子重要程度进行评判打分的基础上, 经过一致性检验, 最终计算确定各因子的权重(表 2-6)。

#### 2.3 群落稳定性评价值的计算

因为评价指标体系的各参评因子来自不同的方面, 各指标数值间的量纲不统一, 没有可比性, 所以很难用它们直接进行评价。即使对于同一个指标, 尽管可以根据它们实测数值的大小来判断其对稳定性的影响程度, 但也缺乏一个可以比较的标准而无法确切反映其对稳定性的贡献。因此, 必须对参评因子进行量化处理, 用标准化方法来解决参数间不可比性的问题。为此, 采用模糊数学中的隶属函数法, 采用不同公式分别对各指标变量的测定值进行标准化处理<sup>[14]</sup>, 计算公式如式(1):

$$Q(x_i) = (x_{ij} - x_{imin}) / (x_{imax} - x_{imin}) \tag{1}$$

$$Q(x_i) = (x_{imax} - x_i) / (x_{imax} - x_{imin})$$

式中:  $Q(x_i)$  ——各个评价因子的隶属度值;  $x_{ij}$  ——评价因子值;  $x_{imax}, x_{imin}$  ——第  $i$  项因子中的最大值和最小值。

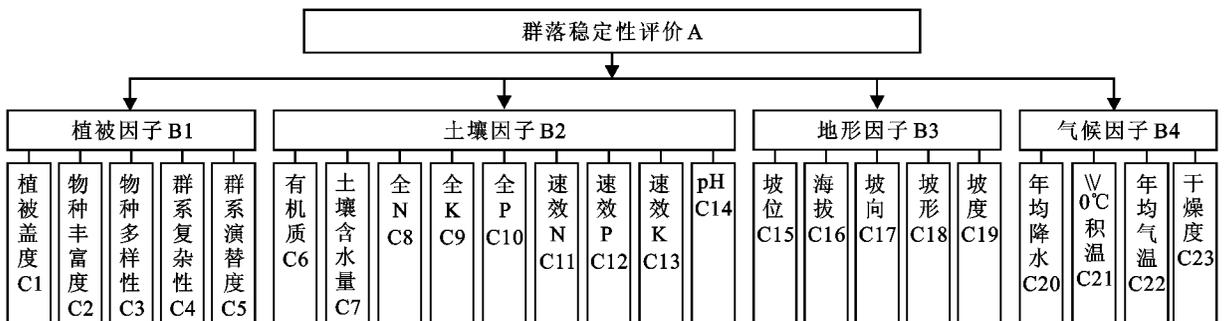


图 1 岷江上游植物群落稳定性评价指标层次结构

表 2 目标层与准则层的判断矩阵

A	B1	B2	B3	B4	$w_i$	一致性检验
B1	1	5	7	3	0.5688	$\lambda_{\max} = 4.1379$
B2	1/5	1	3	1/3	0.1280	$CI = 0.046$
B3	1/7	1/3	1	1/3	0.0659	$RI = 0.9$
B4	1/3	3	3	1	0.2372	$CR = 0.051 < 0.1$

表 3 准则 B1 及其相关因子的判断矩阵

B1	C1	C2	C3	C4	C5	$w_i$	一致性检验
C1	1	5	4	4	7	0.0822	$\lambda_{\max} = 5.3545$ $CI = 0.0886$ $RI = 1.12$ $CR = 0.079 < 0.1$
C2	1/5	1	1/3	1/3	4	0.5355	
C3	1/4	3	1	3	5	0.1722	
C4	1/4	3	1/3	1	3	0.0415	
C5	1/7	1/4	1/5	1/3	1	0.1686	

表 4 准则 B2 及其相关因子的判断矩阵

B2	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	$w_i$	一致性检验
C6	1	1/4	4	6	6	3	4	5	5	0.2182	$\lambda_{\max} = 10.1049$ $CI = 0.1228$ $RI = 1.45$ $CR = 0.095 < 0.1$
C7	4	1	5	6	5	3	3	4	4	0.2753	
C8	1/4	1/5	1	5	4	1/7	1/4	1/3	1/3	0.0491	
C9	1/6	1/6	1/5	1	1/2	1/8	1/7	1/5	1/4	0.0198	
C10	1/6	1/5	1/4	2	1	1/7	1/6	1/3	1/4	0.0266	
C11	1/3	1/3	7	8	7	1	2	3	3	0.1591	
C12	1/4	1/3	4	7	6	1/2	1	2	2	0.1109	
C13	1/5	1/4	3	5	3	1/3	1/2	1	2	0.0750	
C14	1/5	1/4	3	4	4	1/3	1/2	1/2	1	0.0659	

表 5 准则 B3 及其相关因子的判断矩阵

B3	C15	C16	C17	C18	C19	$w_i$	一致性检验
C15	1	1/5	1/3	3	1/4	0.0822	$\lambda_{\max} = 5.3912$ $CI = 0.0978$ $RI = 1.12$ $CR = 0.087 < 0.1$
C16	5	1	5	9	5	0.5355	
C17	3	1/5	1	3	2	0.1722	
C18	1/3	1/9	1/3	1	1/5	0.0415	
C19	4	1/5	1/2	5	1	0.1686	

表 6 准则 B4 及其相关因子的判断矩阵

B4	C20	C21	C22	C23	$w_i$	一致性检验
C20	1	3	5	6	0.5464	$\lambda_{\max} = 4.1503$
C21	1/3	1	3	5	0.2679	$CI = 0.0501$
C22	1/5	1/3	1	3	0.1246	$RI = 0.9$
C23	1/6	1/5	1/3	1	0.0611	$CR = 0.056 < 0.1$

总一致性检验:

$$CR = \frac{a_1 CI_1 + a_2 CI_2 + \dots + a_n CI_n}{a_1 RI_1 + a_2 RI_2 + \dots + a_n RI_n} = \frac{0.569 \times 0.886 + 0.128 \times 0.138 + 0.066 \times 0.978 + 0.237 \times 0.051}{0.569 \times 1.12 + 0.128 \times 1.45 + 0.066 \times 1.12 + 0.237 \times 0.9} = 0.076 < 0.1$$

根据加乘法则, 对各个群落的稳定性评价值采用加权合成, 计算公式如式(2)

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times Q(x_i) \quad (2)$$

式中:  $W_i$  ——各评价因子的权重向量;  $Q(x_i)$  ——各质量因子的隶属度值;  $S$  ——各群落稳定性综合指数。

### 3 结果与分析

将岷江上游干旱河谷和源区植物群落作为整体进行评价和分别为单独进行评价, 各群落稳定性值见表 8。

表 7 层次总排序结果

参评因子	B1	B2	B3	B4	各因子最终权重 $w_i$
	0.5688	0.1280	0.0659	0.2372	
C1	0.4888				0.2780
C2	0.0971				0.0552
C3	0.2294				0.1305
C4	0.1406				0.0799
C5	0.0441				0.0251
C6		0.2182			0.0279
C7		0.2753			0.0352
C8		0.0491			0.0063
C9		0.0198			0.0025
C10		0.0266			0.0034
C11		0.1591			0.0204
C12		0.1109			0.0142
C13		0.0750			0.0096
C14		0.0659			0.0084
C15			0.0822		0.0054
C16			0.5355		0.0353
C17			0.1722		0.0113
C18			0.0415		0.0027
C19			0.1686		0.0111
C20				0.5464	0.1296
C21				0.2679	0.0635
C22				0.1246	0.0296
C23				0.0611	0.0145

整体评价中稳定性值最高的群落分别为云杉林、窄叶鲜卑花灌丛、柳灌丛、冷杉林,最低的为蒿草草甸、西南野丁香灌丛、亚高山草甸、川甘亚菊灌丛、驼绒藜灌丛。这从一定程度上说明了各个群落的稳定性现状,特别是稳定性最高的几个群落,与实际情况较吻合。然而,稳定性最高的群落均为源区植物群落,干旱河谷中相对较为稳定的小花滇紫草、白刺花、蕯等灌丛得分值只排在中间位置,这并不能说明这些群落就不稳定,相反,它们在干旱河谷中经过长期的适应已成为相对稳定的生态系统类型。因此,源区和干旱河谷植物群落整体评价并不能全面反映植物群落的稳定性现状。我们采用同样的方法对源区和干旱河谷植物群落进行单独评价。

单独评价结果表明:干旱河谷稳定值最高的植物群落分别为绣线菊灌丛、瑞香灌丛、小花滇紫草灌丛、小马鞍山蹄甲-白刺花灌丛、蕯灌丛,这个结果比较客观的反映了干旱河谷的实际情况。在干旱河谷所有的群落中,绣线菊、瑞香灌丛多分布在海拔较

高的山坡上部,土壤水分、养分等生境状况相对较好,植被发育良好,属于干旱河谷中相对稳定的类型。就我们调查的实际情况看,这些群落的发育很大程度上依赖于良好的小生境,而这种小生境在整个干旱河谷来说也是局部分布,仅分布在海拔 2 000 m 及更高的区域,也是干旱河谷海拔分布的上限。小花滇紫草、白刺花、蕯灌丛属于典型的耐旱、耐贫瘠灌丛类型,在干旱河谷区域有着广泛的分布,属于干旱河谷优势旱生灌丛类型,对严酷的自然环境长期适应形成的稳定的生态系统类型,在干旱阳坡、半阳坡等其他灌丛发育和生长较差的情况下,这些群落仍能够生长良好。

源区评价结果表明:云杉林、柳灌丛、窄叶鲜卑花灌丛、冷杉林、绣线菊灌丛有较高的稳定性值。灌丛中,沙棘和小果小檗灌丛稳定性值较低。草甸中,苔草草甸和白茅草草甸具有较高的稳定性值,而蒿草草甸和高山草甸的稳定性值最低。这与源区实际情况非常吻合,云杉林和冷杉林作为源区的顶级群落,具有较高的稳定性值,柳灌丛、窄叶鲜卑花灌丛、绣线菊灌丛作为源区分布范围较广的灌丛生态系统类型,从低海拔到高海拔不同的生境类型均有大面积分布,经过长期演变,已成为源区比较稳定的生态系统类型。

不难看出,源区和干旱河谷植物群落单独评价更为合理。在单独评价中,干旱河谷稳定性值最高的绣线菊灌丛得分值为 0.735 9,高于源区稳定性值最高的云杉林(0.683 8),而整体评价中云杉林稳定性值为 0.717 6,仍然为最高,这说明评价结果的合理性。

## 4 结论

(1) 将植被盖度、多样性、复杂性、演替度等反映植被稳定性的数量特征指标结合气候、地形、土壤等外部环境因子,采用层次分析法确定指标权重,用综合指数法计算植被稳定性,弥补了以往群落稳定性研究中只考虑植被数量特征的不足,评价结果合理,与实际情况基本相符。

(2) 源区植被群系中,云杉林、柳灌丛、窄叶鲜卑花灌丛、冷杉林、绣线菊灌丛有较高的稳定性值,沙棘和小果小檗灌丛稳定性值较低。草甸群系中,苔草草甸和白茅草草甸具有较高的稳定性值,蒿草草甸和高山草甸稳定性值最低。干旱河谷植被群系中,绣线菊灌丛、瑞香灌丛、小花滇紫草灌丛、小马鞍山蹄甲-白刺花灌丛、蕯灌丛、檀子栎灌丛有较高的稳定性值。稳定性值反映了相对大小,并非绝对大小。

表 8 岷江上游植被群系稳定性评价结果

源区、干旱河谷群系整体评价群系	得分值	干旱河谷、源区群系单独评价群系	得分值
蒿草草甸 Form. <i>Kobresia</i> spp.	0.2655	西南野丁香灌丛	0.3182
西南野丁香灌丛 Form. <i>Leptodermis purdom</i>	0.2743	驼绒藜灌丛	0.4276
亚高山草甸 Form. <i>Sub-alpine</i>	0.2962	川甘亚菊灌丛	0.4462
川甘亚菊灌丛 Form. <i>Ajania breviloba</i>	0.3066	金花小檗-忍冬灌丛	0.4503
驼绒藜灌丛 Form. <i>Ceratoides arborescens</i>	0.3164	华帚菊-小黄素馨灌丛	0.4639
金花小檗、忍冬灌丛 Form. <i>Berberis wilsonae, Lonicera</i>	0.3308	檀子栎灌丛	0.5309
华帚菊、小黄素馨灌丛 Form. <i>Pertya sinensis, Jasminum humile</i>	0.3405	菴灌丛	0.6005
檀子栎灌丛 Form. <i>Quercus cocciferoides</i>	0.3485	小马鞍羊蹄甲-白刺花灌丛	0.6082
沙棘灌丛 Form. <i>Hippophae rhamnoides</i>	0.3619	小花滇紫草灌丛	0.6555
白茅草甸 Form. <i>Imperata cylindrica</i>	0.3789	瑞香灌丛	0.6924
小果小檗灌丛 Form. <i>Berberis amurensis</i>	0.3927	绣线菊灌丛	0.7359
菴灌丛 Form. <i>Caryopteris</i> spp.	0.4012	蒿草草甸	0.2511
小马鞍羊蹄甲、白刺花灌丛 Form. <i>Bauhinia faberi, Sorphora vrcifolia</i>	0.4169	亚高山草甸	0.2934
小花滇紫草灌丛 Form. <i>Onosma farrerii</i>	0.4366	沙棘灌丛	0.3067
瑞香灌丛 Form. <i>Daphne</i> spp.	0.4667	小果小檗灌丛	0.3340
绣线菊灌丛(干旱河谷) Form. <i>Spiraea</i> spp.	0.5055	白茅草甸	0.3466
苔草草甸 Form. <i>Carex</i> spp.	0.5324	苔草草甸	0.5076
锦鸡儿灌丛 Form. <i>Caragana</i> spp.	0.5471	锦鸡儿灌丛	0.5097
绣线菊灌丛(源区) Form. <i>Spiraea</i> spp.	0.6295	绣线菊灌丛	0.6149
冷杉林 Form. <i>Abies faxoniana</i>	0.6736	冷杉林	0.6618
柳灌丛 Form. <i>Salix</i> spp.	0.6952	窄叶鲜卑花灌丛	0.6767
窄叶鲜卑花灌丛 Form. <i>Sibiraea angustata</i>	0.7054	柳灌丛	0.6834
云杉林 Form. <i>Picea asperata</i>	0.7176	云杉林	0.6838

致谢: 周建云、吕|河、谢春华、张育新、吴建安、卢涛等同志参加了野外工作, 在此表示感谢!

## 参考文献:

- [1] 曹成有, 朱丽辉, 蒋德明, 等. 固沙植物群落稳定性机制的探讨[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 461-466.
- [2] 张云飞, 乌云娜, 杨持. 草原植物群落物种多样性与结构稳定性之间的相关性分析[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1997, 28(3): 419-423.
- [3] 白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24(6): 641-647.
- [4] 于云江, 林庆功, 郜永贵, 等. 从植被演替和抗风性研究包兰线沙坡头段人工植被稳定性[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 63-69.
- [5] 杨持, 朱志梅, 刘颖茹. 沙质草原沙漠化过程不同阶段稳定性与恢复性研究[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2545-2549.
- [6] Tilman D, Reich P B, Knops J, et al. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment[J]. Science, 2001, 294: 843-845.
- [7] Huston M A, Aarssen L W, Austin M P, et al. No consistent effect of plant diversity on productivity[J]. Science, 2000, 289: 1255.
- [8] Wardle D A. Experimental demonstration that plant diversity reduces invisibility-evidence of a biological mechanism or a consequence of sampling effect? [J]. Oikos, 2001, 95: 161-170.
- [9] 张继义, 赵哈林. 植被(植物群落)稳定性研究评述[J]. 生态学杂志, 2003, 22(4): 42-48.
- [10] Ye Minsheng, Guan Wenbin, Wu Bin, et al. Plant community complexity in the arid valley of Minjiang River, southwestern China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3159-3165.
- [11] 万洪秀, 孙占东, 王润. 博斯腾湖湿地生态脆弱性评价研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(2): 248-254.
- [12] 关文彬, 冶民生, 马克明, 等. 岷江干旱河谷植被分类及其主要类型[J]. 山地学报, 2004, 22(6): 679-686.
- [13] 关文彬, 吴建安, 梁广林, 等. 岷江源区植被分类及其主要类型[M]// 陈宜瑜. 中国生物多样性保护与研究进展. 北京: 气象出版社, 2004.
- [14] 刘世梁, 马克明, 傅伯杰, 等. 北京东灵山地区地形土壤因子与植物群落关系研究[J]. 植物生态学报, 2003, 23(4): 496-502.