

# 草海流域水源功能区植物持水功能群划分

吴 华<sup>1,2</sup>, 张建利<sup>1,3</sup>, 喻理飞<sup>1</sup>, 袁丛军<sup>1</sup>, 严令斌<sup>1</sup>

(1. 贵州大学 喀斯特生态环境研究中心, 贵阳 55002;

2. 开阳县生态文明建设局, 贵阳 550300; 3. 贵州科学院 山地资源研究所, 贵阳 550001)

**摘 要:**从植物形态结构—功能—植物功能群的角度,采用 PCA 分析和聚类分析法分析了植物叶片形态、构建特征与持水能力的关系,划分了叶片持水功能群。结果表明:决定植物叶片持水能力的主要形态指标为叶片大小、叶片宽窄、叶片持水率、叶夹角,据此,评价草海流域水源功能区植物群落中 23 个主要树种的持水能力,并划分为 5 类植物持水功能群:第一类阔叶大叶高持水功能群(PFGsI)、第二类阔叶中叶中持水功能群(PFGsII)、第三类阔叶小叶中持水功能群(PFGsIII)、第四类针叶中持水功能群(PFGsIV)、第五类阔叶小叶低持水功能群(PFGsV),并描述了各叶片持水功能群的基本特征,为研究区涵养水源林的营造和生态修复过程中的树种选择、结构优化提供理论依据。

**关键词:**叶片持水功能群; 植物持水能力; 植物形态特征; 草海流域

中图分类号:Q948                      文献标识码:A                      文章编号:1005-3409(2014)02-0138-06

## Classification of Plant Functional Groups Based on Water-holding Features in Caohai Water Functional District

WU Hua<sup>1,2</sup>, ZHANG Jian-li<sup>1,3</sup>, YU Li-fei<sup>1</sup>, YUAN Cong-jun<sup>1</sup>, YAN Lin-bing<sup>1</sup>

(1. *Guizhou University, Karst Ecological Environment Research Center, Guiyang 550025, China;*

2. *The Construction of Ecological Civilization Bureau of Kaiyang, Guiyang, 550300, China;*

3. *Institute of Mountain Re-sources of Guizhou Province, Guiyang 550001, China)*

**Abstract:** The plant leaf water-holding functional groups were classified by using principal component analysis and hierarchical cluster analysis from the point of plant modality structure-function-plant functional groups. The results showed that there were four factors which determined the function of water-holding capacity, leaf size, leaf L/W and leaf water holdup, leaf angle, then 23 species were classified into five plant functional groups based on the appraisalment of water-holding capacity of the species in Caohai water functional district. The five plant functional groups were as followings: broad-leaved leaves with high water retention function group, broad-leaved with middle-level water retention function group; broad-leaved lobule with ordinary water-holding function group; the needle with middle-level water holding function group and smaller broad-leaved with low water holding function group. At the meantime, the basic features of the five PFGs were revealed, which could provide a theoretical basis for creating the conservation forest and ecological restoration in the process of species selction, structural optimization.

**Key words:** plant water-holding functional groups; plant water-holding capacity; plant modality features; Caohai basin

植物功能群是研究复杂生态系统结构和功能的有效途径,植物功能群以植物的功能行为和属性为特征,是沟通植物结构和功能与生态系统属性的桥梁,对植物功能群的研究已经成为理解复杂生态系统功  
能必要的一步<sup>[1]</sup>。功能群是被定义为对特定环境有相似反应的一类物种<sup>[2]</sup>。植物功能性状是植物与环境关系的演绎者,故其在生态学领域应用颇多<sup>[3-5]</sup>。植物与环境的相互关系一直是生态学研究的核心问

收稿日期:2013-09-11                      修回日期:2013-10-17  
资助项目:国家科技支撑计划项目(2011BAC02B02)  
作者简介:吴华(1988—),男,海南省屯昌县人,硕士研究生,主要从事植物生态和喀斯特退化森林生态系统恢复方向研究。E-mail: hua13985478103@126.com  
通信作者:喻理飞(1964—),男,贵州省贵阳市人,教授,博士生导师,主要从事喀斯特退化森林生态系统恢复方向研究。E-mail:lfyu@gzu.edu.cn

题。早在19世纪,生态学家及植物学家们就开始关注植物性状,并发现部分植物性状对环境变化有很好的响应和适应表现<sup>[6]</sup>,目前功能群研究最核心的问题仍在于决定植物功能群划分的植物特征选择上<sup>[7-9]</sup>。

国内外生态学者对植物功能群做了大量开拓性的工作,研究者们尝试从不同的角度,用不同的方法,在不同的地点对不同的生态系统对植物进行功能群的划分,有关植物功能群的理论、方法逐渐形成,为植物功能群在生态系统动态和功能中的作用等进一步研究奠定了基础,但目前有关植物功能群研究尚存在的科学问题如下:①研究层次不一,从全球尺度、群落尺度到分子尺度都有,对植物功能群形成的机制及其对生态系统的贡献等方面的研究需进一步深入;②研究地点分布零星,应该有一个先主后次的研究计划;③研究方法各种各样,功能指标的选取不一,计算方法各有差异,无法对研究成果进行整合;④这些阶段性的研究是分散的,缺少一个整体的计划;⑤区域功能群研究没有能全面调查,一些研究只针对某一地点进行,这样势必会造成研究成果的不完整,对后继工作是一种浪费<sup>[10]</sup>。

综上所述,前人为植物功能群的划分多基于植物生理、生态适应性、生活史或对某一生态过程相关以及物种行为相联系的生物学特性与植物功能关系进行功能群划分,其研究对象多集中在草原生态系统<sup>[11-14]</sup>,但通过揭示植物形态特征与植物服务功能关系,并划分植物功能群的研究少见报道。本文拟通过草海流域植物水源涵养功能区中植物形态特征与持水功能关系的揭示,划分植物持水功能群,既丰富植物功能群研究的内容,又可为该区域植物群落水源涵养功能的充分发挥、优化群落结构提供依据。

## 1 研究区概况

草海湖位于贵州省西部威宁县城的西南侧,处云贵高原中部乌蒙山脉之腹地,是贵州最大的淡水天然湿地湖泊,也是一个典型的高原喀斯特湿地生态系统。地理位置为北纬26°49′—26°05′,东经104°12′—104°18′<sup>[9-10]</sup>。区内属山地暖温带湿润季风气候,年平均气温10.6℃,7月份平均气温最高为17.7℃,1月份最低为1.9℃,冬季长,无夏季。年平均降雨量950.9 mm,干湿季节明显,5—10月份为雨季,其降雨量占全年的88%,12月份至次年3月份为旱季,降雨量仅占全年的5%<sup>[15-16]</sup>。草海区域森林组成以中、幼龄为主,成熟林极少,灌丛稀疏。保护区森林覆盖率低,林下少有灌木、草本植物和地被物,森林和灌丛下土壤裸露,森林结构层次简单,水土保持性能差。

## 2 研究方法

### 2.1 树种选择

以生态学群落调查为基础,选取流域内22个样地中乔、灌层优势种为研究对象。研究中涉及的树种23种:云南松(*P. yunnanensis*)、华山松(*P. armandii*)、云南杜鹃(*R. yunnanense*)、白栎(*Q. semicarpifolia*)、马缨杜鹃(*R. delavayi*)、小果南烛(*L. ovalifolia*)、高山栎(*Q. semicarpifolia*)、豆梨(*P. calleryana*)、川榛(*C. heterophylla*)、桤木(*A. cremastogyne*)、水红木(*V. cylindricum*)、大果蜡瓣花(*L. chinense*)、大白杜鹃(*R. decorum*)、菝葜(*S. china*)、古钟金花小檗(*B. wilsonae*)、贵州毛柃(*E. kueichowensis*)、胡颓子(*E. pungen*)、盐肤木(*R. chinensis*)、直角莢蒾(*V. foetidum*)、滇杨(*P. calleryana*)、栒子(*C. horizontalis*)、金丝桃(*H. monogynum*)、扁刺蔷薇(*R. sweginzowii*)。

### 2.2 取样及测定方法

在所确定的优势树种中,选取各年龄阶段的树种林冠上中下各摘健康叶20片,每树种选取9个重复。对取样叶片进行编号,用美国基因公司LI-3000C叶面积仪测叶片叶长(cm)、叶宽(cm)、叶面积(cm<sup>2</sup>)。奥豪丝上海公司电子天平(感重0.1 g)称量每片叶鲜重(g),浸水待重力水滴尽后称叶片最大持水重(g)。叶片长度是叶片基部到叶尖的距离,叶片宽度是与叶脉垂直的最大距离,叶片最大持水率(%)是单片鲜叶的最大持水重占叶片鲜重的百分比。树皮最大持水率的计算与叶片方法一致,枝夹角是树干与一级枝的水平夹角,叶夹角是叶片与枝的水平夹角,冠幅是垂直投影的面积。实测数据见表1,表中各数据为各树种的各因子平均值。

### 2.3 植物特征描述

植物特征包括叶形特征和粗糙程度特征,本研究中叶形特征用叶片面积(cm<sup>2</sup>)、叶长(cm)、叶宽(cm)、长宽比、粗糙程度、叶片持水率(%)来表示,长宽比即长度和宽度的比值,可以反映叶片的宽窄程度;粗糙程度特征即叶片有无毛、毛多寡和叶片表面白粉、霜、蜡质等<sup>[17]</sup>,本研究根据该特征将叶片分为低粗糙叶、中粗糙叶和高粗糙叶,粗糙度等级分别记为0,1,2。其中低粗糙叶的特征叶片双面无毛有白粉、霜、蜡,中粗糙叶的特征叶片单面有毛或少许蜡质或两面稀疏柔毛,高粗糙叶的特征叶片双面有密毛无蜡质。植物构型特征用ZJJ—枝夹角、YJJ—叶夹角;树皮特征用树皮持水率(SPCSL)来表示。

表 1 树种持水因子实测数据

| 树种     | 叶面积/<br>cm <sup>2</sup> | 叶长/<br>cm | 叶宽/<br>cm | 长宽比  | 叶持水量/<br>g | 叶持水率/<br>% | 树皮持水率/<br>% | 枝夹角/<br>(°) | 叶夹角/<br>(°) | 叶粗糙度 |
|--------|-------------------------|-----------|-----------|------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------|
| 川榛     | 41.27                   | 9.41      | 6.75      | 1.39 | 1.12       | 0.93       | 1.32        | 40          | 35          | 2    |
| 水红木    | 22.59                   | 10.2      | 3.15      | 3.24 | 0.71       | 0.33       | 1.25        | 33          | 25          | 0    |
| 白栎     | 52.57                   | 13.52     | 5.96      | 2.27 | 1.9        | 0.24       | 1.40        | 40          | 45          | 1    |
| 大白杜鹃   | 34.21                   | 10.28     | 3.99      | 2.62 | 1.47       | 0.11       | 55.65       | 75          | 25          | 1    |
| 豆梨     | 4.68                    | 3.73      | 1.72      | 2.21 | 0.12       | 0.36       | 1.13        | 45          | 30          | 0    |
| 高山栎    | 8.39                    | 4.37      | 2.28      | 1.91 | 0.56       | 0.61       | 7.50        | 35          | 55          | 2    |
| 古钟金花小檗 | 0.56                    | 1.45      | 0.54      | 2.72 | 0.02       | 0.65       | 1.32        | 35          | 35          | 1    |
| 贵州毛柃   | 5.46                    | 5.15      | 1.51      | 3.42 | 0.17       | 0.36       | 1.12        | 45          | 20          | 0    |
| 胡颓子    | 9.58                    | 8.11      | 2.15      | 4.09 | 0.34       | 0.43       | 1.01        | 65          | 10          | 0    |
| 金丝桃    | 7.74                    | 4.27      | 2.25      | 1.9  | 0.17       | 0.29       | 1.24        | 35          | 15          | 0    |
| 马樱杜鹃   | 36.2                    | 11.15     | 4.09      | 2.75 | 1.66       | 0.29       | 62.56       | 45          | 35          | 2    |
| 小果南烛   | 14.06                   | 6.23      | 2.92      | 2.16 | 0.49       | 0.64       | 12.50       | 25          | 30          | 0    |
| 栲子     | 1.09                    | 1.46      | 1.02      | 1.44 | 0.03       | 0.55       | 25.42       | 15          | 5           | 1    |
| 盐肤木    | 30.08                   | 8.88      | 4.67      | 1.88 | 0.51       | 0.35       | 8.79        | 45          | 5           | 2    |
| 云南杜鹃   | 7.58                    | 5.14      | 1.83      | 2.81 | 0.12       | 1.02       | 5.45        | 15          | 5           | 2    |
| 云南松    | 7.84                    | 16.91     | 0.01      | 1691 | 0.4        | 0.41       | 48.00       | 85          | 10          | 0    |
| 华山松    | 6.65                    | 19.23     | 0.01      | 1923 | 0.21       | 0.31       | 4.60        | 85          | 12          | 0    |
| 直角甲醚   | 7.07                    | 4.26      | 2.4       | 1.79 | 0.19       | 0.41       | 45.68       | 15          | 5           | 1    |
| 滇杨     | 18.03                   | 5.35      | 4.51      | 1.23 | 0.4        | 0.51       | 2.75        | 70          | 55          | 0    |
| 大果蜡瓣花  | 22.59                   | 10.2      | 3.15      | 3.24 | 0.72       | 0.33       | 3.45        | 38          | 40          | 2    |
| 菝葜     | 10.53                   | 4.64      | 2.94      | 1.64 | 0.39       | 0.16       | 65.45       | 80          | 3           | 0    |
| 扁刺蔷薇   | 1.09                    | 2.00      | 0.70      | 2.85 | 0.03       | 0.78       | 6.22        | 75          | 5           | 1    |
| 桤木     | 57.09                   | 11.81     | 6.50      | 1.81 | 2.88       | 1.25       | 5.19        | 55          | 30          | 2    |

2.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 17.0 统计分  
析软件对数据进行描述性统计分析、主成分分析和系  
统聚类分析。

3 结果与分析

3.1 优势种植物叶面积与持水能力的差异性分析

由于叶片对树种持水能力影响较大,因此对草海  
流域不同树种叶面积进行方差分析(如表 2 左下所  
示),结果表明,叶面积存在极显著性差异( $P<0.01$ )  
的树种种对有 150 对,占物种叶面积总对数的  
68.19%;叶面积存在显著性差异( $P<0.05$ )的树种  
有 35 对,占物种叶面积总对数的 15.91%;不存在显  
著性差异( $P>0.05$ )的乔木树种种对有 35 对,占物  
种叶面积总对数的 15.91%。由此可知,草海流域主  
要物种的叶片面积基本上都存在差异。

同时对叶片持水率进行方差分析(如表 2 右上所  
示),结果表明,叶片持水率存在极显著性差异( $P<$   
0.01)的树种种对有 155 对,占物种叶片持水率总对  
数的 70.46%,其中物种 1 与 22 和其他 20 个种之间

均存在极显著差异,物种 3,4 与 20 个种之间均存在  
显著性差异;叶面积存在显著性差异( $P<0.05$ )的树  
种种对有 26 对,占物种叶片持水率总对数的  
11.82%;不存在显著性差异( $P>0.05$ )的乔木树种  
种对有 39 对,占物种叶片持水率总对数的 15.91%。  
说明在草海流域叶片持水率上是存在差异的。

3.2 植物形态特征与持水能力关系

植物形态特征与持水能力关系以树种为实体,以  
反映植物持水能力,反映形态特征的叶面积(Area)、  
叶长(Length)、叶宽(Width)、长宽比(L/W)、粗糙度  
(CC)、树皮持水率(SPCSL)、叶夹角(YJJ)、枝夹角  
(ZJJ)为属性,对表 1 数据进行 PCA 分析。

对草海流域常见种进行 PCA 分析,由表 3 可知,  
第三、四主成分累计贡献率达到 75.60%,86.23%,有  
较理想的效果。表 4 可知,第一主成分叶面积、叶宽载  
荷为 0.97,0.953,反映叶片面积大小;第二主成分长宽  
比、叶长、枝夹角载荷为 0.893,0.869,0.724,反映叶片  
的宽窄和物种的外形,第三主成分叶片持水率的在载  
荷为 0.921,反映叶片的持水能力,第四主成分叶片  
夹角的载荷为 0.814,反映叶片对降雨的汇集能力。

表 2 草海流域水源功能区优势植物种叶面积与持水能力方差分析

[illegible]

注:1 川榛(*C. heterophylla*);2 菝葜(*S. china*);3 白栎(*Q. fabri*);4 大白杜鹃(*R. hirsutum*);5 豆梨(*P. calleryana*);6 高山栎(*Q. semicarpifolia*);7 古钟金花小檗(*B. wilsonae*);8 贵州毛柃(*E. kueichowensis*);9 胡颓子(*E. pungens*);10 金丝桃(*H. monogynum*);11 马樱杜鹃(*R. delavayi*);12 小果南烛(*L. ovalifolia*);13 柃子(*C. horizontali*);14 盐肤木(*R. chinensis*);15 云南杜鹃(*R. yunnanense*);16 云南松(*P. yunnanensis*);17 华山松(*P. armandii*);18 直角莢蒾(*V. foetidum*);19 滇杨(*P. calleryana*);20 大果蜡瓣花(*C. multiflora*);21 水红木(*V. cylindricum*);22 扁刺蔷薇(*C. adpressus*);23 柾木(*A. cremastogyne*)。

表 3 PCA 中解释的总方差

| 成分 | 初始特征值 |       |       | 提取平方和载入 |       |       | 旋转平方和载入 |       |       |
|----|-------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
|    | 合计    | 方差    | 累计/%  | 合计      | 方差    | 累计/%  | 合计      | 方差    | 累计/%  |
| 1  | 2.60  | 32.54 | 32.54 | 2.60    | 32.54 | 32.54 | 2.28    | 28.52 | 28.52 |
| 2  | 2.26  | 28.21 | 60.75 | 2.26    | 28.21 | 60.75 | 2.16    | 26.96 | 55.47 |
| 3  | 1.19  | 14.85 | 75.60 | 1.19    | 14.85 | 75.60 | 1.25    | 15.57 | 71.05 |
| 4  | 0.85  | 10.63 | 86.23 | 0.85    | 10.63 | 86.23 | 1.21    | 15.17 | 86.23 |

表 4 旋转前后各因子载荷矩阵

| 因子    | 旋转前载荷矩阵 |        |        |        | 旋转后载荷矩阵 |        |        |        |
|-------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
|       | 1       | 2      | 3      | 4      | 1       | 2      | 3      | 4      |
| 叶宽    | 0.821   | 0.465  | -0.201 | 0.151  | 0.953   | -0.146 | 0.061  | 0.136  |
| 长宽比   | -0.716  | 0.472  | 0.422  | 0.028  | -0.317  | 0.893  | 0.027  | -0.123 |
| 叶长    | -0.17   | 0.893  | 0.258  | 0.028  | 0.369   | 0.869  | -0.036 | 0.036  |
| 面积    | 0.67    | 0.693  | -0.098 | 0.189  | 0.97    | 0.145  | 0.067  | 0.093  |
| 枝夹角   | -0.483  | 0.593  | 0.077  | -0.087 | -0.016  | 0.724  | -0.257 | -0.086 |
| 树皮持水率 | -0.392  | 0.287  | -0.719 | 0.291  | 0.153   | 0.111  | -0.55  | -0.707 |
| 叶片持水率 | 0.427   | -0.229 | 0.596  | 0.544  | 0.135   | -0.144 | 0.921  | 0.003  |
| 叶夹角   | 0.609   | 0.231  | 0.125  | -0.634 | 0.392   | -0.071 | -0.14  | 0.814  |

### 3.3 树种综合持水能力评价

由 PCA 分析结果得出 4 个主成分分别表示叶面

积大小、叶片宽窄、树木枝夹角(构型)、叶片夹角(叶片汇水能力)。采用公式计算各树种的持水能力。

$$F=\sum_{i=1}^na_ip_i$$

式中： $F$ ——某树种持水能力综合得分值； $a_i$ ——第  $i$  个主成分特征值占百分比； $p_i$ ——第  $i$  各主成分因子得分值。

由表 5 表明,各树种的持水能力差异显著,桫木持水能力最强,得分 3.11,金丝桃最低,为-1.52。各树种持水的对策不同,将影响各自的持水能力。桫木、马缨杜鹃以叶大、叶片粗糙度高、分枝多、枝夹角大、树皮粗糙等原因来提高自身的持水能力,金丝桃持水偏低主要因叶片小且光滑无毛,植株分枝较少且叶夹角偏小等原因造成的。

表 5 树种综合持水能力

| 树种     | 叶片大小   | 叶片宽窄   | 叶片夹角   | 树皮持水率  | F     |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 桫木     | 2.161  | 0.515  | 2.371  | -0.355 | 3.11  |
| 川榛     | 1.609  | -0.021 | 1.387  | 0.268  | 2.15  |
| 白栎     | 1.701  | 0.324  | -0.627 | 1.258  | 2.08  |
| 水红木    | 0.154  | -0.082 | -0.178 | 0.556  | 1.68  |
| 马缨杜鹃   | 1.332  | -0.042 | -1.378 | -0.715 | 1.20  |
| 大白杜鹃   | 1.087  | 0.299  | -1.794 | -0.776 | 0.94  |
| 盐肤木    | 0.695  | -0.101 | 0.084  | -0.668 | 0.73  |
| 滇杨     | 0.281  | -0.011 | -0.506 | 1.701  | 0.24  |
| 大果蜡瓣花  | 0.196  | -0.007 | -0.505 | 1.178  | 0.06  |
| 小果南烛   | -0.053 | -0.571 | 0.381  | 0.242  | -0.16 |
| 云南松    | -0.907 | 2.885  | -0.001 | -0.979 | -0.17 |
| 菝葜     | 0.108  | -0.234 | -1.628 | -1.923 | -0.44 |
| 胡颓子    | -0.503 | 0.187  | 0.111  | -0.032 | -0.51 |
| 云南杜鹃   | -0.508 | -0.727 | 2.011  | -0.928 | -0.53 |
| 高山栎    | -0.427 | -0.556 | -0.187 | 1.583  | -0.57 |
| 直角莢蒾   | -0.204 | -1.081 | -0.323 | -1.571 | -0.65 |
| 华山松    | -1.153 | 2.822  | 0.202  | 0.376  | -0.72 |
| 贵州毛柃   | -0.839 | -0.361 | -0.213 | 0.452  | -1.09 |
| 豆梨     | -0.843 | -0.495 | -0.443 | 0.888  | -1.15 |
| 扁刺蔷薇   | -1.118 | -0.163 | 0.926  | -0.606 | -1.23 |
| 枸子     | -0.914 | -1.201 | 0.301  | -1.067 | -1.5  |
| 古钟金花小檗 | -1.198 | -0.762 | 0.305  | 0.908  | -1.51 |
| 金丝桃    | -0.656 | -0.624 | -0.294 | 0.212  | -1.52 |

3.4 植物持水功能群划分

对草海流域 23 各常见种进行 PCA 分析,得出决定植物持水功能因子主要表现为叶片大小、叶片宽窄、枝夹角(树木的构型)、叶夹角(叶片的汇水形式)4 类,表 5 中树种综合持水能力得分并不能用于区分各树种在不同对策上获取持水能力的特点,固以树种为实体,对反映物种持水能力的 4 个主成分为属性进行聚类分析(图 1),通过分析,将草海流域 23 个常见种分为 5 类持水功能群。其命名方法为:生活型+叶片大小+持水能力高低,如大白杜鹃、水红木、马缨杜鹃等可命名为常绿阔叶大叶片高持水功能群。

第一类 PFGsI 阔叶大叶高持水功能群包括川榛、桫木、马缨杜鹃、大白杜鹃、水红木;该类型功能群叶片较大,变动范围为 34.0~57.10 cm<sup>2</sup>,长宽比平均为 2.13,枝夹角平均为 45°,叶夹角平均为 36.3°,综合得分 0.94~3.11。

第二类 PFGsII 阔叶中叶中持水功能群,叶面积平均为 14.42 cm<sup>2</sup>,长宽比 1.69,枝夹角为 48.6°,叶夹角为 33°,持水能力综合得分-0.51~0.24。主要物种有高山栎、胡颓子、小果南烛、滇杨、大果蜡瓣花。

第三类 PFGsIII 阔叶小叶中持水功能群,叶面积较小,平均在 4.13 cm<sup>2</sup>,长宽比为 2.22,枝夹角为 30°,叶夹角为 5°,综合得分-0.53~-1.5。主要物种有扁刺蔷薇、枸子、云南杜鹃、直角莢蒾。

第四类 PFGsIV 针叶中持水功能群,华山松、云南松为针叶树种,综合得分-0.17~-0.72。

第五类 PFGsV 阔叶小叶低持水功能群,叶面积平均 4.47 cm<sup>2</sup>,长宽比为 2.55,枝夹角为 40°,叶夹角为 26.3°,持水能力综合得分-1.09~-1.52。主要物种为豆梨、古钟金华小檗、贵州毛柃、金丝桃。

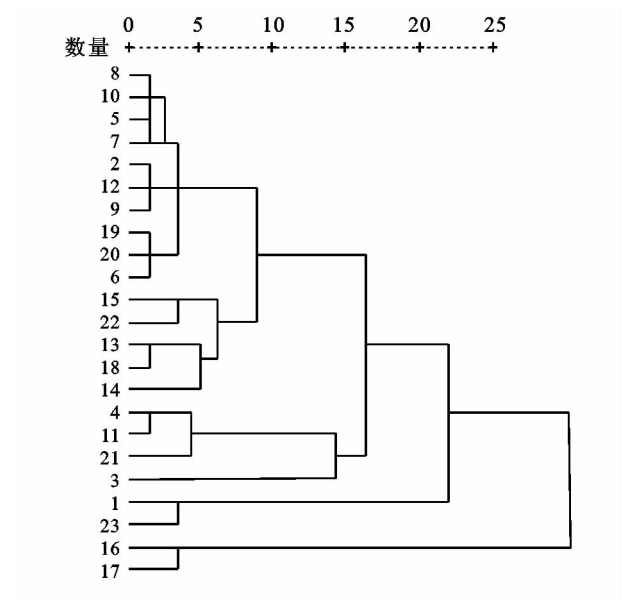


图 1 不同树种系统聚类图

4 结论与讨论

(1) 本研究区树种叶片持水能力主要受叶片大小、叶片宽窄、叶片的粗糙程度、枝夹角、叶夹角等形态特征影响,因此,通过上述 5 个植物形态指标,对草海流域水源功能区植物群落中 23 个主要树种的持水能力进行综合评价和能力排序。这种将植物形态特征与持水能力结合,采用定性与定量结合的测定方法,较以往仅通过树种叶片持水率分析持水能力更为客观,但对针叶树种的叶片形态与功能的关系研究缺乏,有待进一步探讨。

(2) 草海流域水源功能区 22 个植物群落中主要树种分为 5 个叶片持水功能群,即阔叶大叶高持水功能群(PFGsI)、阔叶中叶中持水功能群(PFGsII)、阔叶小叶中持水功能群(PFGsIII)、针叶中持水功能群(PFGsIV)、阔叶小叶低持水功能群(PFGsV),将为研究区涵养水源林的营造和生态修复过程中的树种选择、结构优化提供理论依据。

(3) 本文利用植物形态特征与植物持水能力的关系,开展了植物持水功能群的划分研究,即通过植物功能性状研究,揭示相应的功能。其结果既能得出植物群落中各树种的持水能力,又能揭示出各植物持水能力依据的主要形态对策,如阔叶大叶高持水功能群(PFGs I)的桉木、川榛等,以大叶片、大枝(叶)夹角和树皮的高持水能力为对策使其植株持水能力最高。利用这种主要形态对策可用于指导树种选择,也为植物群落持水结构配置提供良好的依据,具有现实意义。利用叶片和植物形态特征进行叶片持水功能群研究,丰富了植物功能群研究的内容,也是一种可行的方法学探索,具有理论意义。但要全面评价树种的个体持水能力,还需从树冠构型、树干、树枝、枯落物等影响持水能力的形态指标与树种持水关系的深入研究,才能更好划分树种持水功能群。

参考文献:

[1] 杨晓慧,鲍雅静,韩国栋,等.植物功能群及其在生态学中的应用[J].大连民族学院学报,2009,11(5):397-400,409.

[2] 孙国钧,张荣,周立.植物功能多样性与功能群研究进展[J].生态学报,2003,23(7):1430-1435.

[3] 岳静,郝敏,张灵菲,等.物种多样性-生态系统功能关系的影响因素[J].草业科学,2011(04):532-535.

[4] 谭丽萍,周广胜.内蒙古羊草群落、功能群、物种变化及

(上接第 137 页)

[10] 赵珂,饶鼓,王丽丽,等.西南地区生态脆弱性评价研究:以云南、贵州为例[J].地质灾害与环境保护,2004,15(2):35-42.

[11] 许倍慎,周勇,徐理,等.湖北省潜江市土地生态脆弱性时空分析[J].中国土地科学,2011,25(7):80-85.

[12] 张笑楠,王克林,张伟,等.桂西北喀斯特区域生态环境脆弱性[J].生态学报,2009,29(2):749-757.

[13] 卢远,苏文静,华瑾.基于景观格局和生态敏感性的左江流域生态脆弱性分析[J].水土保持研究,2011,18(3):78-82,87.

[14] 孙丽娜,宋戈.松嫩高平原黑土区土地利用/覆被变化及其景观生态风险分析[J].水土保持研究,2012,19(1):148-158.

其与气候的关系[J].生态学报,2013,33(2):0650-0658.

[5] 邓福英,臧润国.海南岛热带山地雨林天然次生林的功能群划分[J].生态学报,2007,27(8):3240-3249.

[6] 冯秋红,史作民,董莉莉.植物功能性状对环境的响应及其应用[J].林业科学,2008,44(4):125-131.

[7] 胡楠,范玉龙,丁圣彦,等.陆地生态系统植物功能群研究进展[J].生态学报,2008,28(7):3302-3311.

[8] 鲍雅静,李政海.基于能量属性的植物功能群划分方法探索:以内蒙古锡林河流域草原植物群落为例[J].生态学报,2008,28(9):4540-4546.

[9] 毛伟,李玉霖,张铜会,等.不同尺度生态学中植物叶性状研究概述[J].中国沙漠,2012,32(1):33-38.

[10] 白永飞,张丽霞,张焱,等.内蒙古锡林河流域草原群落植物功能群组成沿水热梯度变化的样带研究[J].植物生态学报,2002,26(3):308-316.

[11] 赵建中,彭敏,刘伟,等.矮蒿草甸不同功能群主要植物种生长特征与地表温度的相关性分析[J].西北植物学报,2012,32(3):559-565.

[12] 马建军,姚虹,冯朝阳,等.内蒙古典型草原区 3 种不同草地利用模式下植物功能群及其多样性的变化[J].植物生态学报,2012,36(1):1-9.

[13] 蔺雨阳,王得祥,雷瑞德,等.秦岭中段天然油松林生态种对和功能群划分[J].东北林业大学学报,2009,37(11):46-51.

[14] 毛培利,臧润国,丁易,等.海南岛热带山地雨林三种不同演替阶段典型植物苗期光合特性研究[J].林业科学研究,2011,24(5):563-571.

[15] 孔凡翠,杨瑞东,林树基.从威宁草海的演化分析 0.73Ma 来贵州威宁地区喀斯特环境的演变[J].地球与环境,2010(2):138-145.

[16] 齐建文,李矿明,黎育成,等.贵州草海湿地现状与生态恢复对策[J].中南林业调查规划,2012,31(2):39-40.

[17] 中国科学院植物研究所.中国高等植物图鉴[M].北京:科学出版社,1975.

[15] 廖炜,李璐,吴宜进,等.丹江口库区土地利用变化与生态环境脆弱性评价[J].自然资源学报,2011,26(11):1879-1889.

[16] 黄莹,包安明,刘海隆,等.基于景观格局的新疆生态脆弱性综合评价研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):261-266.

[17] 荆玉平,张树文,李颖.奈曼旗生态脆弱性及空间分异特征[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):159-164.

[18] 刘纪远.国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J].遥感学报,1997,31(1):225-230.

[19] 高凤杰,张柏,王宗明,等.退耕还林对牡丹江区域生态环境脆弱性的影响研究[J].地球信息科学学报,2010,12(3):322-328.