

甘肃白水江国家级自然保护区种子植物 区系科的垂直分布格局分析

陈学林^{1,2}, 梁艳¹, 戚鹏程³

(1. 西北师范大学 生命科学学院, 兰州 730070; 2. 兰州大学 干旱与草地生态教育部重点实验室, 兰州 730000; 3. 兰州大学 西部环境教育部重点实验室和资源环境学院, 兰州 730000)

摘要: 以 100 m 为单位, 将保护区内山地划分为 35 个海拔段, 以研究保护区内科的垂直分布格局。统计分析各类分布型科的垂直分布范围、各类分布型所占比例的垂直变化, 结果表明: 地理分布属性在较大程度上影响着科的垂直分布, T2、T3、T8 表现出与其地理分布属性相符的垂直变化趋势。原始类群集中分布于中低海拔地段; 以该区为分布边缘的热带科的垂直分布范围非常狭小, 集中分布于低海拔地段。热带与温带分布科的平衡线大致在海拔 1 500 m。根据科级区系组成, 对 35 个 100 m 段进行了系统聚类, 结果: 海拔 2 500 m 是该区内科级区系成分结构沿海拔梯度变化的断点。根据各百米段聚类分析的结果, 结合不同海拔的区系组成与性质的实际特点, 将该山地划分为 <1 200 m、1 200~2 500 m、2 500~3 500 m、>3 500 m 四个区段。

关键词: 白水江; 科; 区系成分; 垂直分异; 聚类分析

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)04-0459-07

Analysis of altitudinal distribution patterns of families of seed plants in Baishuijiang National Nature Reserve in Gansu Province

CHEN Xue-Lin^{1,2}, LIANG Yan¹, QI Peng-Cheng³

(1. College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Ministry of Education, School of Resources and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: To search the altitudinal pattern of families of seed plants in Baishuijiang National Nature Reserve, the whole mountain is divided into 35 hectometre belts. Vertical distribution of families and vertical differentiation of floristic elements are analyzed. The results are as follows: (1) vertical distributions of most families are relative to their floristic characters, and vertical ranges and concentrating zones of tropical families are lower than that of temperate ones. (2) Primitive families concentrate in medium-low altitude belts. (3) tropic families that approach borders of their distribution area in the reserve exist in low altitude belts strictly. (4) floristic equilibrium point between the tropical families and the temperate ones is roughly located at the altitude of 1 500 m. The clustering analysis of the floristic composition shows that the Alt. 2 500 m is the line at which family-grade floristic structure changes intensively. Based on the results of clustering analysis and the facts of floristic component and character in each altitude belts, the region can be divided into 4 sections: <1 200 m, 1 200~2 500 m, 2 500~3 500 m, >3 500 m.

Key words: Baishuijiang; family; floristic element; altitudinal differentiation; cluster analysis

收稿日期: 2007-11-12 修回日期: 2008-08-12

基金项目: 西北师范大学植物学重点学科基金[Supported by Foundation for Key Subjects in Botany of Northwest Normal University]

作者简介: 陈学林(1963-), 男, 甘肃永登人, 教授, 研究方向为系统与进化植物学和种子生态学, (E-mail) chenxuelin63@163.com.

当山地有足够的相对高度时,温度、降水、土壤、人为干扰等因子往往呈现明显的垂直变化,进而影响到植物的垂直分布格局。具有垂直带性分异是山地植物区系的重要特征。以往的山地植物区系研究中,对区系结构的垂直地带性通常缺乏定量分析,不能为有关区系起源和联系的推断提供空间上的定量依据(沈泽昊等,2004),反过来又影响到区系整体性质的确定和区系隶属的划分。在研究气候过渡带或区系分区交界处的区系时,这一问题尤为突出。因此,对山地植物区系定量化的垂直分析具有重要意义。

白水江国家级自然保护区位于甘肃省南部的文县、武都县境内,地理位置独特——西邻青藏高原、东接秦岭山地、南近横断山和华中地区,多方区系在此交汇,植物成分类型复杂多样。该区地处北亚热带北缘,是许多热带分布型的类群分布的北缘,具有明显的北亚热带向温带过渡的性质(陈学林等,2005,2007a,b;崔艳等,2006;张秦伟,2002)。区内海拔从580~4 072 m,垂直差达3 490 m。沿海拔梯度,水热条件呈现明显较大幅度的梯度变化。冯虎元等(1997)、孙国钧等(1998)曾对白水江植物区系的组成和概况做过报道,而至今尚未有人对本地区植物区系特征的垂直分异规律做过研究。我们基于先期建成的白水江植物区系数据库(陈学林等,2006),从整体和垂直两个角度,科、属、种三个层次,对该区系进行了全面系统的分析研究。在科、属、种整体分析的基础上(陈学林等,2005,2007a,b),本文对科的垂直分布格局进行了分析,以探讨科级区系成分的垂直梯度分布规律,以及不同海拔地段的科级区系组成情况。

1 研究区域的地理概况

在笔者先前发表的白水江植物区系研究论文中(陈学林等,2005),已对该区的地理位置、地质地貌、土壤类型等做过概述,本文重点介绍该区气温、降水、植被的垂直分异特征。

海拔高度对山地气候具有决定性的影响,形成水热条件的规律性垂直格局,而局部地形(坡向、坡度、地形形态)则对此垂直格局起扰乱作用。在以下描述中所涉及的各气象(水文)站的地理要素为:碧口站位于保护区东端,属河谷区,海拔600 m;城关站位于保护区西部,属河谷区,海拔950 m;邱家坝位于保护区东端,属山地区,海拔2 350 m。

气温:①气温条件的总体变化趋势是随海拔升高而降低。例如碧口年均温15.6℃,最热月(7月)25.1℃,最冷月(1月)4.4℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温达4 500~4 800℃,可以看出在低海拔地段拥有与北亚热带地区相当的热量条件;邱家坝年均温5.8℃,最热月(7月)15.9℃,最冷月(1月)-4.4℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温达2 350℃,与温带地区的气温状况相当。②干流谷地由于特殊的河谷效应,至少在600~1 100 m间,气温的垂直递减率极低,例如碧口年均温15.6℃和城关年均温14.8℃,二者之间气温变率每100 m仅为0.23℃。③山地气温垂直变化较为显著,如邱家坝年均温5.8℃,与城关之间的变率每100 m为0.63℃。

降水:①降水条件的总体变化趋势是随海拔升高而增加。②白水江干流谷地的降水量较少,并且沿河而上降水锐减,例如碧口年平均降水量为840.0 mm,而城关仅为460.3 mm。③摩天岭北坡降水较为丰富,且随海拔升高而增加,例如邱家坝年平均降水为1 086.7 mm,与城关之间的变率每100 m为44.7 mm。据计算摩天岭北坡高山地段的年降水量当在1 100~1 200 mm之间。

植被:本区植被自下而上形成6个垂直带:常绿阔叶林带(<900(1 000) m)、常绿落叶阔叶混交林带(900(1 000)~1 600 m)、落叶阔叶林带(1 600~2 100 m)、针阔叶混交林带(2 100~2 900 m)、亚高山针叶林带(2 900~3 450 m)、高山灌丛草甸带(>3 450 m)。

本区共有种子植物(不含引种、栽培种)183科718属1 970种(包括变种、变型)。裸子植物按郑万钧等(1987)系统有5科15属26种,被子植物按吴征镒等(2002)系统有178科703属1 944种。本研究中,以100 m为单位将全区划分为35个海拔段,逐一统计各段中科、属、种的数量组成,并按吴征镒等(2006)世界种子植物科的分布区类型系统进行科成分类型的划分。

2 区系成分的垂直分布

图1、图2和图3所示的是本区不同类型各科分布的海拔范围。其中,用粗线表示科的富集地段(即超过该科总种数一半的地段),以反映各科最适生存地段的海拔差异。图4示各类分布型所占比例沿海拔梯度的变化趋势。根据这两类数据,进行如

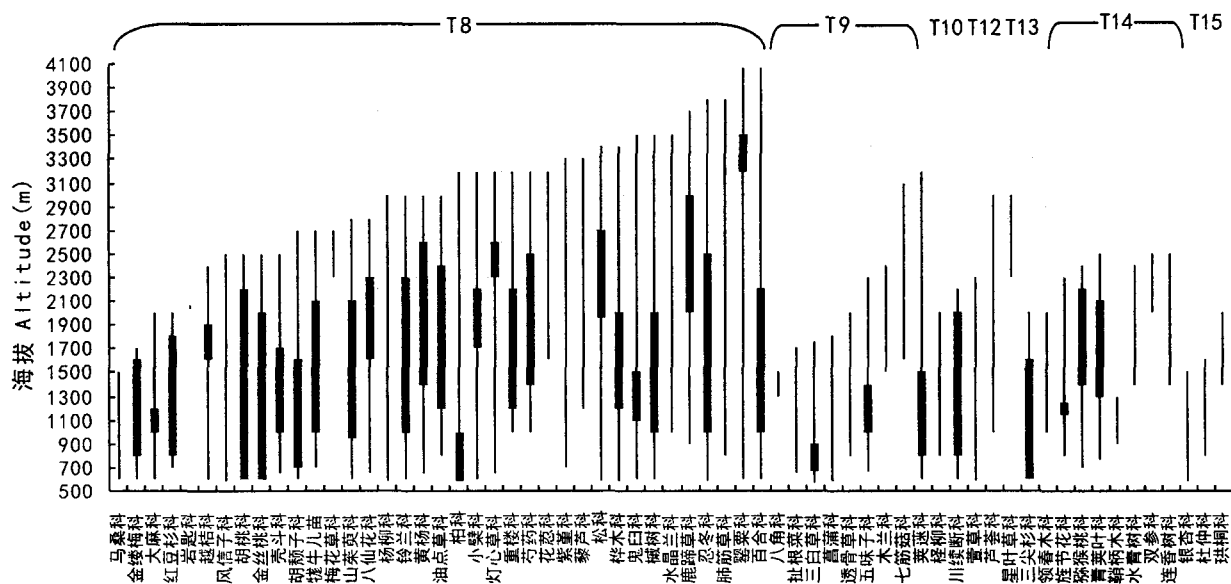


图3 白水江温带分布科的垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of temperate families in Baishuijiang National Nature Reserve

例总体上呈渐减趋势,呈现了与其成分属性相吻合的变化趋势。

(3)热带亚洲和热带美洲间断分布型(T3)各科中,五加科(Araliaceae)垂直分布范围最广,垂直分布上限在海拔3100 m,其余各科均在海拔2500 m以下。各科海拔上限的平均值为1920 m,海拔下限的平均值为750 m,各科垂直分布范围的平均值为1170 m。各科的富集地段在海拔700~1800 m之间。T3所占比例随海拔上升而不断减小,最高值(8.09%)出现在700~800百米段。

旧世界热带分布型(T4)中的天门冬科(Asparagaceae)和秋水仙科(Colchicaceae)可分布至海拔3000 m左右,其余3科只出现在海拔2000 m以下。热带亚洲至热带大洋洲分布型(T5)的交让木科(Daphniphyllaceae)和百部科(Stemonaceae)的热带性更为明显,其分布只能限于海拔1000 m以下。

(4)北温带分布型(T8)各科的垂直分布大多较高,并且垂直分布的海拔范围较大。这些科的海拔上限最高为4070 m,上限的平均值为2970 m,下限的平均值为790 m,各科垂直分布范围的平均值为2180 m。近半数的科的海拔上限在3000 m以上。除马桑科(Coriariaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)、大麻科(Cannabaceae)、红豆杉科(Taxaceae)以外,其余科在海拔2000 m以上都有分布。重楼科(Trilliaceae)、芍药科(Paeoniaceae)、藜芦科(Melanthiaceae)、花荵科(Polemoniaceae)、岩梅科

(Diapensiaceae)、梅花草科(Parnassiaceae)在海拔1000 m以上或更高的地段才开始出现。各科的富集地段比较稀疏,主要是在海拔1000~2500 m之间。越桔科(Vacciniaceae)、灯芯草科(Juncaceae)、八仙花科(Hydrangeaceae)、松科(Pinaceae)、黄杨科(Buxaceae)、鹿蹄草科(Pyrolaceae)、罂粟科(Papaveraceae)等科的富集地段明显偏向于其科的海拔上限,这种情况在热带分布型诸科中很少见。T8的比例随海拔上升而增加,且海拔3500 m以上的变化率很大。这是因为高海拔的寒冷生境使各类热带分布科难以生存,并且一些对热量条件要求较高的世界分布科也骤然消失,由此而突显出T8的地位。

T8(北温带分布型)和T2(泛热带分布型)是本区系中除世界广布型以外最大的两个分布型,科的垂直分布图、海拔上下限均值、比例变化曲线均可以直观地反映它们垂直分布上的差异。ANOVA分析表明,“两类分布型各科的海拔上限没有差别”的假设下,其分布为 $F_{1,72}$, $p = P(F_{1,72} > F) = P(F_{1,72} > 21.680) = 0.000$ 。概率近于0,进一步表明两类成分垂直分布的明显差异。

(5)东亚—北美间断分布型(T9)各科的海拔上限最高为2400 m,上限的平均值为1940 m,下限的平均值为660 m,各科平均海拔范围为1280 m。东亚—北美间断分布型属于温带性质的分布类型,各科的垂直分布却较低,与北温带分布型垂直分布的整体情况明显不同。从比例变化曲线可以看出,

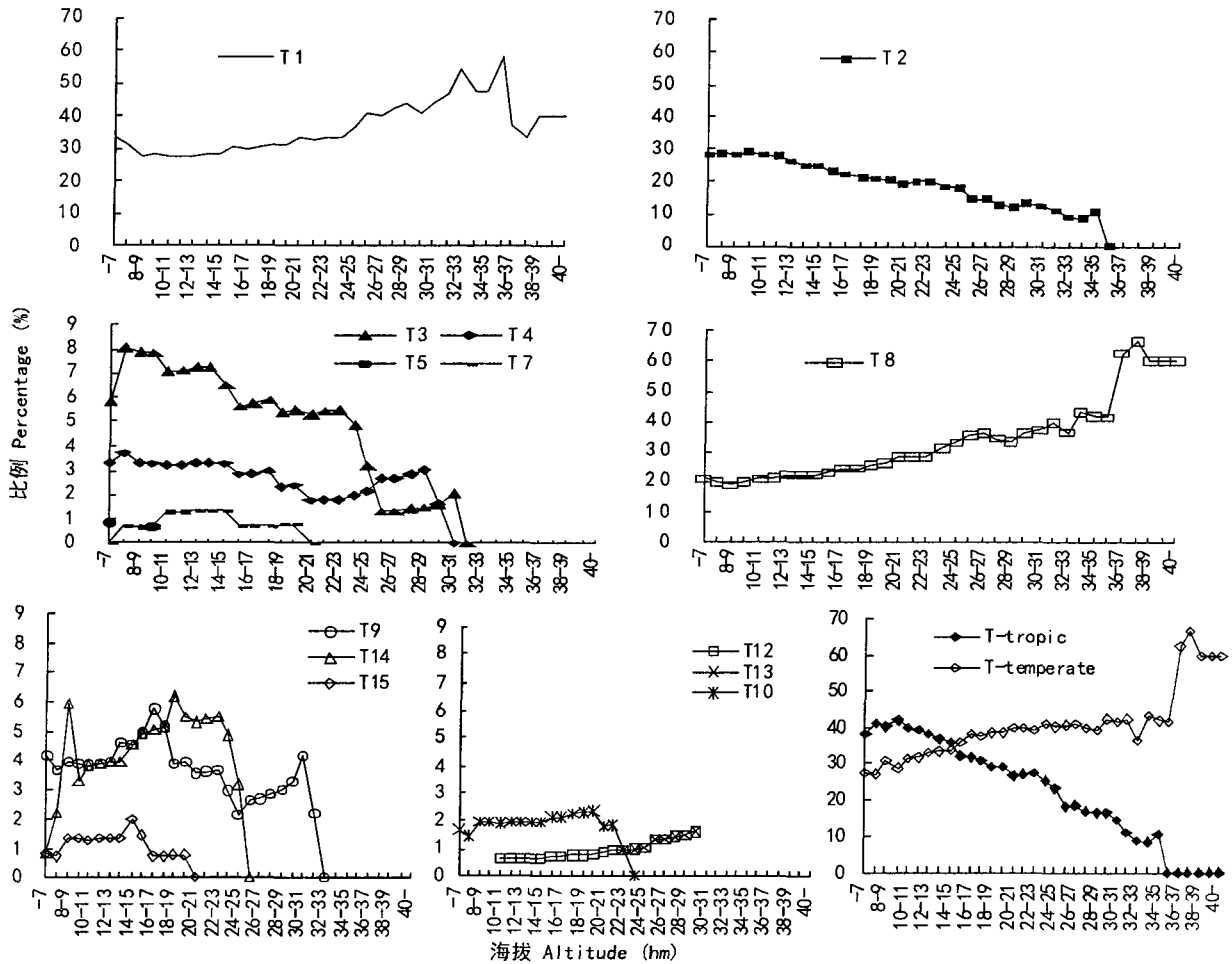


图 4 白水江种子植物区系科级成分的垂直梯度分布

Fig. 4 Vertical distribution of the floristic elements in family level in Baishuijiang National Nature Reserve

本区内的 T9 成分集中分布在中低海拔地段。

东亚分布型(T14)、中国特有型(T15)各科分布的海拔范围也集中于中低海拔,类似于 T9。这三类成分主要以东亚为分布中心,起源古老,可以合称“东亚组”。东亚组成分在本区集中分布在中低海拔大概有其原因——东亚组中的八角科 (Illiciaceae)、三白草科 (Saururaceae)、五味子科 (Schisandraceae)、木兰科 (Magnoliaceae)、领春木科 (Eupteleaceae)、水青树科 (Tetracentraceae)、连香树科 (Cercidiphyllaceae)、珙桐科 (Davidiaceae) 等都是典型的原始科,可以推测本区的低海拔地段在第四纪就已具备了沟深谷长、气候暖湿的特点,充当了冰川期古老植物的天然避难所,现代这些原始类群集中分布在中低海拔的情形概是这一地质历史的结果。

(6)地中海区、西亚至中亚分布型(T12)仅有芦荟科(Asphodelaceae),科内种类属于中旱生植物,

分布于海拔 1000~3 000 m 之间的干旱生境。中亚分布型(T13)仅有星叶草科(Circaeasteraceae),分布于海拔 2 300~3 000 m 之间,此科很可能起源于高山干旱生境。

(7) T-tropic 和 T-temperate 分别示热带分布的科(T2-T7)和温带分布的科(T8-T14)占各百米段总科数的比例。可以看出,随海拔梯度的上升,热带分布科的比例不断下降,温带分布科的比例不断上升。海拔高度对二者比例具有决定性的影响,二者比例的平衡线大约在海拔 1 500 m 左右。

(8)从图 2、3 中还可以看出,以本区为分布边缘的科大多局限在中低海拔。如百部科分布在海拔 700 m 以下,棕榈科、杜英科、天胡荽科(Hydrocotylaceae)、交让木科分布在海拔 1 000 m 以下,水团花科(Nauclaeaceae)、鞘柄木科(Toricelliaceae)在海拔 1 300 m 以下,茶茱萸科(Icacinaceae)、青皮木科

(Schoepfiaceae)、大血藤科在海拔 1 500 m 以下,山茶科(Theaceae)在海拔 1 600 m 以下。

3 各百米段的聚类分析

以上分析表明,沿海拔梯度各种分布型的科数发生有规律的增减变化,并且趋势各异。根据各海拔段上不同分布型科所占比例,进行系统聚类(图 5),以识别沿梯度变化的断点。计算中,采用欧氏距离的平方定义样本间的距离,采用最长距离法(complete linkage)进行聚类。聚类分析利用统计软件 SPSS 中的 Hierarchical Cluster 计算完成。现将聚类结果分析如下:

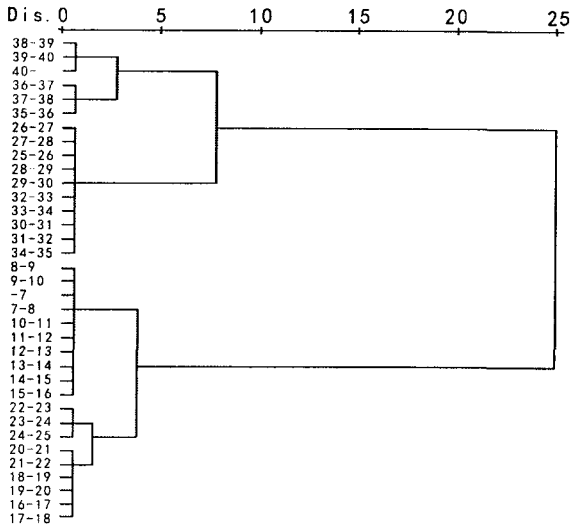


图 5 按科级区系结构对 35 个百米海拔段的聚类
Fig. 5 Dendrograms of 35 hectometre altitude belts based on floristic structure in family level

(1)在海拔 2 500 m 发生一级分聚。在此处,有 7 个泛热带分布科达到分布上限,而使此类科的比例下降了 3 个百分点(约数,下同);3 个东亚—热带南美间断科至此也不再向上分布;自此以上东亚分布科不再出现。在此处,世界广布科及北温带分布科的比例得到一次大幅度的提升,前者上升 4 个百分点,后者上升 3 个百分点。可见,海拔 2 500 m 是该区内科级水平上成分结构变化较大的地带。(2)二级分聚显示出海拔 3 600 m 以上的 5 个海拔段的特殊性。在海拔 3 600 m 以下,北温带分布科的数量和比例虽一直保持着上升的总体趋势,但先后被泛热带分布科和世界广布科所压制,而未能成为主要成分。在海拔 3 600 m 处,世界广布科的数量骤

减,而北温带分布科的比例跃升了 21 个百分点,而成为比重最大的一类。(3)另一个二级分聚在海拔 2 000 m 处,将海拔 2 000 m 以上的 5 个百米段与其下的各百米段区分开来。海拔 2 000 m 处,有 4 个泛热带分布科达到分布上限,自此以上 T7、T15 不再出现。

4 按科级成分的区段划分

根据对各百米段的聚类分析,基本上可对本区进行垂直划分。然而,在数学量化分析的基础上,还需结合各海拔段的区系组成与性质的实际特点,才能使区段划分更为合理。为了更直观地展示不同海拔的区系组成特点,根据各大类与百米海拔段的关系作图,得图 6。图 6 对 13 种分布型进行了适当地归并:世界广布型、泛热带分布型、其它热带分布型(T4、T5、T7)、北温带分布型、东亚分布型组(T9、T14、T15)、其它温带分布型(T10、T12、T13)。另外,还将各百米段的热带科与温带科比值(Fr/Fw)作图,得图 7。图 6 和图 7 都显示出各百米段与其它段及整体水平间在区系组成和性质上的差异。

以下是区段划分情况和各区段的成分组成分析:(1)海拔 1 200 m 以下区段:这一区段未在数学聚类中分聚出来,但是观察图 6、图 7 可以看出海拔 1 200 m 是一个重要界线。在此界线以下,泛热带科的比重高于整体水平,北温带科的比重低于或等于整体水平。此界线以下的段内 Fr/Fw 高于整体 Fr/Fw 值。具体的区系组成是:世界广布科与泛热带分布科并重,前者占 27.56%~33.33%,后者占 27.74%~29.41%。北温带分布科占 19.08%~20.83%,其它热带分布科占 10.00%~12.50%,东亚组占 5.83%~11.18%。Fr/Fw 在 1.24~1.51 之间,区系成分类型较为丰富。

(2)海拔 1 200~2 500 m 区段:泛热带科已完全落后于世界广布科和北温带科。此三者仍是区系的主要组成者。热亚至热澳分布型、热亚分布型、旧世界温带分布型及中国特有分布型在本区段相继消失。具体的区系组成是:世界广布科占 28.10%~36.17%,北温带科占 22.22%~32.98%,泛热带科占 18.09%~25.00%,东亚科占 5.32%~11.51%。Fr/Fw 在 0.57~1.16 之间。

(3)海拔 2 500~3 500 m 区段:以世界广布科和北温带科构成区系主体,泛热带分布科占较小比

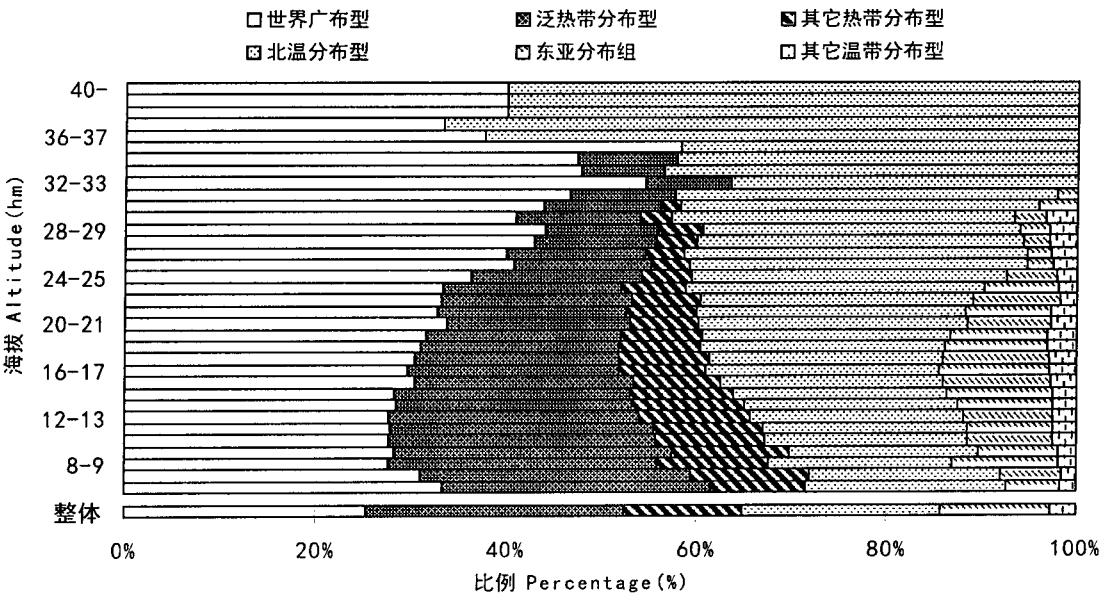


图 6 白水江各海拔段科级区系成分的组成

Fig. 6 Composition of floristic elements in family level of each altitude belts in Baishuijiang National Nature Reserve

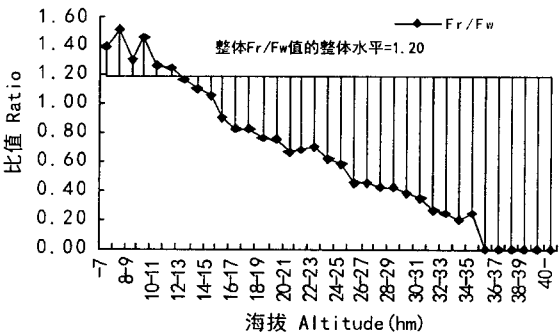


图 7 Fr/Fw 值沿海拔梯度的变化

Fig. 7 Changes of Fr/Fw ratio along altitudinal gradient

例,其它热带分布科、东亚组各科占微量比例;区系成分类型贫乏。具体区系组成是:世界广布科占40.00%~54.55%,北温带科占33.33%~43.48%,泛热带分布科占8.70%~14.67%。Fr/Fw在0.20~0.45之间。

(4)海拔3500 m以上,结构特点是:区系成分类型极为单调,仅有北温带分布科和世界广布科两类成分,前者占41.67%~66.67%;后者占33.33%~58.33%。

5 结论

(1)地理分布属性在较大程度上影响着科的垂直分布,如T2、T3、T8都表现出与其地理分布属性

相符的垂直变化趋势。但是,由于科是一个范围较大的阶元,各科中可能包含一些与科的地理分布属性相反的属种(热带分布科中包含温带分布属/种,或者温带分布科中包含热带分布属/种),所以一部分科的垂直分布格局与其地理分布属性不符。(2)原始类群集中分布于中低海拔地段的格局可以归因于本区的地质发展历史。(3)以本区为分布边缘的热带科的垂直分布范围非常狭小,集中分布于低海拔地段。(4)热带分布科与温带分布科的平衡线大致在海拔1500 m。海拔2500 m是该区内科级区系成分结构沿海拔梯度变化的断点。(5)根据各百米段聚类分析结果,结合不同海拔的区系组成与性质的实际特点,将该山地划分为:<1200 m、1200~2500 m、2500~3500 m、>3500 m四个区段。

参考文献:

冯虎元,张国梁,孙国钧. 1997. 甘肃白水江国家级自然保护区种子植物区系特征分析[C]//伍光和张可荣. 甘肃白水江国家级自然保护区综合科学考察报告. 兰州:甘肃科学技术出版社,66-74
吴征镒,周浙昆,孙航,等. 2006. 种子植物分布区类型及其起源和演化[M]. 昆明:云南科技出版社,60-71
郑万钧,傅立国. 1987. 中国植物志(第7卷)[M]. 北京:科学出版社
Chen XL(陈学林),Qi PC(戚鹏程). 2005. Analysis of the families of the spermatophytic flora in Baishuijiang National Reserve in Gansu Province(甘肃白水江国家级自然保护区种子植物区系科的分析). 植物分类学报 33(4): 521-531 (下转第532页 Continue on page 532)

- 李耀先,李秀存,张永强. 2001. 广西干旱分析与防御对策[J]. 广西农业科学, (3): 113—117
- 许大全. 2002. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 19—25
- 张木清. 1994. 甘蔗耐旱生理基础及其化学调控[D]. 福建农业大学博士学位论文, 12
- 郑平, 王兴滨, 王天立. 1993. 黄腐酸类物质在农业与医药中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 373
- 侯福林. 2004. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 科学出版社
- 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 2004. 植物生理试验[M]. 哈尔滨工业大学出版社, 106—108
- 谭常, 杨惠东, 余叔文. 1985. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科技出版社
- Bader MR, Ruuska S, Nakano H. 2000. Electron flow to oxygen in higher plants and algae: rates and control of direct photoreduction (Mehler reaction) and rubisco oxygenase[J]. *Biological Sciences*, 1 402: 1 443—1 445
- Chen SY(陈少裕). 1991. The effect of water stress on membrane fluidity of leaf mitochondria of sugarcane and its relation to membrane lipid peroxidation(水分胁迫对甘蔗叶片线粒体膜流动性的影响及其与膜脂过氧化的关系)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报), 17(3): 285—289
- Chen YZ(陈贻竹), Li XP(李晓萍), Xia L(夏丽), et al. 1995. The application of chlorophyll fluorescence technique in the study of responses of plants to environmental stresses(叶绿素荧光技术在植物环境胁迫研究中的应用)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 3(4): 79—86
- Gao SJ(高三基), Luo J(罗俊), Chen RK(陈如凯), et al. 2002. Photosynthetic physiology indexes of the drought resistance of sugarcane and its comprehensive evaluation(甘蔗品种抗旱性光合生理指标及其综合评价)[J]. *Acta Agronomica Sin*(作物学报), 28(1): 94—98
- Johnson GN, Young AJ, Scholes JD. 1993. The dissipation of excitation energy in British plant species[J]. *Plant Cell Environ*, 16: 673—679
- Li S(李松), Zhu JJ(朱俊杰), Zeng H(曾慧). 2005. Effect of Huangfu acid on sugarcane(黄腐酸在甘蔗生产试验后效研究初报)[J]. *Guangxi Sugarcane Canesugar*(广西蔗糖), (3): 16—17
- Luo J(罗俊), Zhang MQ(张木清), Lin YQ(林彦铨). 1999. Chloroplast fluorescence parameters, MDA content and plasma membrane permeability in sugarcane and their relation to drought tolerance(甘蔗叶绿素荧光参数、MDA含量及质膜透性与耐旱性的关系)[J]. *J Fujian Agric Univ*(福建农业大学学报), 28(3): 257—262
- Scheiber U, Biger W, Horman H, et al. 1998. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: Basis and some aspect of practical relevance[C]//Reghavendra AS(ed). *Photosynthesis: A comprehensive Treatise*. Cambridge University Press, 320—336
- Shi SQ(史胜青), Yan YX(袁玉欣), Yang MS(杨敏生). 2004. Effects of water stress on photochemical quenching and non-photochemical quenching of chlorophyll a fluorescence in four tree seedlings(水分胁迫对4种苗木叶绿素荧光的光化学猝灭和非光化学猝灭的影响)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学)(1): 168—173
- Zhang SR(张守仁). 1999. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetic parameters and their significance(叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学报), 16(4): 444—448

(上接第 465 页 Continue from page 465)

- 系科的分析)[J]. *J Northwest Norm Univ(Nat Sci)*(西北师范大学学报·自然科学), 41(2): 58—65
- Chen XL(陈学林), Qi PC(戚鹏程). 2006. Vertical differentiation of wild plants in Baishuijiang National Nature Reserve(白水江国家级自然保护区野生资源植物的垂直分析研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 26(5): 1 014—1 020
- Chen XL(陈学林), Tian F(田方), Qi PC(戚鹏程). 2007a. Analysis on genera of flora in Baishuijiang National Reserve in Gansu Province(甘肃白水江国家级自然保护区植物区系属的整体分析)[J]. *J Northwest Normal Univ(Nat Sci)*(西北师范大学学报·自然科学), 43(2): 64—71
- Chen XL(陈学林), Yang X(杨霞), Qi PC(戚鹏程), et al. 2007b. The species of flora in Baishuijiang National Reserve in Gansu Province(甘肃白水江国家级自然保护区植物区系种的整体分析)[J]. *J Northwest Norm Univ(Nat Sci)*(西北师范大学学报·自然科学), 43(5): 83—89
- Cui Y(崔艳), Qi PC(戚鹏程), Chen XL(陈学林). 2006. A study on vertical distribution and protection of rare plants in Baishuijiang National Reserve, Gansu(甘肃白水江国家级自然保护区珍稀植物的垂直分布及其保护)[J]. *Guihaia*(广西植物), 26(6): 660—664
- Sun GJ(孙国钧), Feng HY(冯虎元). 1998. The analysis of flora characteristics of Baishuijiang Sanctuary in Gansu(白水江自然保护区植被区系特征分析)[J]. *J Lanzhou Univ(Nat Sci)*(兰州大学学报·自然科学), 34(2): 92—97
- Shen ZH(沈泽昊), Liu ZL(刘增力), Wu J(伍杰). 2004. Altitudinal pattern of flora on the eastern slope of Mt. Gongga(贡嘎山东坡植物区系的垂直分布格局)[J]. *J Chin diversity*(生物多样性), 12(1): 89—98
- Wu ZY(吴征镒), Lu AM(路安民), Tang YC(汤彦承), et al. 2002. Synopsis of a new “polyphyletic-polychronic -polytopic” system of the angiosperms(被子植物的一个“多系—多期—多域”新分类系统总览)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 40(4): 289—322
- Zhang QW(张秦伟). 2002. Study on the north temperate of the seed plant in Qinling Mt(秦岭种子植物区系中的北温带区系成分研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22(1): 19—28