

## 我国岷江柏林分类及群落特征

刘鑫<sup>1,2</sup>, 包维楷<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院成都生物研究所生态恢复重点实验室, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 调查了位于马尔康县、金川县、小金县、丹巴县和理县的 37 个岷江柏样地中的乔木、灌木和草本层的信息。利用 TWINSpan 将 37 个样地划分为 8 个群丛, NMDS 的结果与之相似; 在群落结构方面, 岷江柏乔木层郁闭度约 55.68%, 3 m 以上植株密度 1 518 ind/hm<sup>2</sup>, 高度分布和直径分布均呈倒“J”型分布, 位于金川的群落乔木层还分化为 2 个亚层; 灌木层的情况受环境和林冠层的影响较大, 各地区间也有较大差异, 平均盖度约 40%, 丰富度约 21.82 sp/plot; 草本层平均盖度约 40%, 丰富度约 27.91 sp/plot, 地区间差异不大, 以中旱生种类为主, 灌草间在盖度上呈现显著负相关, 而在丰富度上呈现极显著正相关关系。根据乔木层的情况可将岷江柏林划分为纯林和针阔混交林两个不同亚群系, 其乔木层结构、林下植物盖度、丰富度和物种组成均有较大差异。这两个亚群系处于不同的演替阶段, 后者可能是由于破坏而形成的。混交林可能是退化或恢复过程中的关键群落类型, 如果停止破坏并加以保护仍可恢复为岷江柏纯林。

**关键词:** 岷江柏林; 干旱河谷; NMDS; 植被恢复; TWINSpan

**中图分类号:** Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)05-0608-06

## Community classification and structure of *Cupressus chenegiana* forest

LIU Xin<sup>1,2</sup>, BAO Wei-Kai<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Ecological Restoration, Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** *Cupressus chenegiana*, an endangered species endemic to China, mainly appears in the ecotone between dry valley and montane forest, which was the key area of restoration. Most publications had concentrated on the resistibility of *C. chenegiana* under drought stress, but types of *C. chenegiana* forest and its community structure were still little known to us. To provide a scientific base for ecosystem restoration and further study, we investigated 37 plots which located in Barkam County, Jinchuan County, Xiaojin County, Danba County and Li County. Information of tree, shrub and herb were collected, such as diameter and height of individual trees, coverage of tree, shrub and herb layer, richness of shrub and herb. The data matrix which composed of 333 species (shrub and herb) from 37 plots was subjected to TWINSpan and NMDS. We found that: (1) Form *C. chenegiana* was divided into 8 associations by using TWINSpan, and two subformations (pure forest of *C. chenegiana* and mixed forest) featured with canopy layer composition were recognized; (2) coverage of canopy layer was 55.68%, density of tree ( $H \geq 3$  m) was 1518 ind/hm<sup>2</sup>, the structure of height and diameter showed a inverted “J” shape distribution, and the forest in Jinchuan County featured with multiple-storey (2 sub-canopy layers); (3) coverage of shrub and herb layer were both 40%, and the richness of shrub and herb layer were 21.82 sp/plot and 27.91 sp/plot respectively. Due to the evidence from tree and shrub layers’ composition and structure, we speculate that the two subformations are on different successional stages. Mixed forest is the key vegetation type in restoration. With appropriate conservation, the mixed forest will succeed in-

收稿日期: 2010-12-24 修回日期: 2011-03-15

基金项目: 中国科学院知识创新工程“西部行动”计划项目(KZCX2-XB2-02)[Supported by “Innovation Engineering” of the Chinese Academy of Sciences, Action-Plan for West Development(KZCX2-XB2-02)]

作者简介: 刘鑫(1986-), 男, 河北秦皇岛人, 硕士, 从事植物生态学研究, (E-mail)lxzinc@yahoo.com.cn.

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: baowk@cib.ac.cn)

to pure forest.

**Key words:** *Cupressus chenegiana* forest; dry valley; NMDS; restoration; TWINSpan

岷江柏是我国特有的珍稀树种,广泛分布于岷江流域、大渡河流域(四川植被协作组,1980)和白龙江流域(邱祖青等,2007)。岷江柏最适于生长在温度适中、雨量充沛、蒸发量小、干燥系数小、太阳辐射较优的环境中(庞学勇等,2005),是长江上游干旱河谷地区水土保持的重要树种。由于其材质致密、坚硬、有香气并可用于熏制腊肉等食品,曾被大量采伐。这种现象在其被列为国家二级保护植物后逐渐消失,但相关保护和研究工作并没有全面展开。

岷江柏林分布于“干旱河谷-山地森林交错带”(蔡海霞等,2010),上接以云冷杉、高山松和油松等占优势的亚高山针叶林植被(包维楷等,2002),下连白刺花、小马鞍羊蹄甲、峨眉蔷薇、柃木等灌丛植被(冶民生等,2006;杨兆平等,2007)。干旱河谷-山地森林交错带是关系到干旱河谷生态恢复的关键性地带,目前虽然有一些针对该地段的研究,但对该地段最有特色的岷江柏林的研究还不多,且多关注于其种子萌发(徐亮等,2004,2005),种群特征(袁志忠等,2004;袁志忠,2009a,b),抗旱机理(蔡海霞等,2010)等方面。而对岷江柏林群落类型与结构的研究,尚未见报道。本文以大面积群落调查为基础,运用 TWINSpan 和 NMDS 的方法将岷江柏林划分为几个类型,并对其层次结构进行了分析。探讨了不同类型群落之间以及群落与环境之间的关系。以期对更全面地认识岷江柏林群落有所裨益,并为干旱河谷地区植被恢复提供依据。

## 1 岷江柏林分的空间分布区域与特点

岷江柏分布于四川岷江流域(茂县、汶川和理县)、大渡河流域(马尔康、金川、小金和丹巴)以及甘肃白龙江流域(南坪、舟曲、石门和武都等县)的高山峡谷地区的河谷地带。具体分布于河谷到山体的中部,海拔为 1 050~2 800 m,是干旱河谷主要的乔木种类。岷江柏群落结构比较简单,层次明显,通常可分为乔木层、灌木层和草本层,基本没有苔藓、地衣及其他附生植物。其分布区为高原季风型气候,气候干暖,冬季较长而寒冷,年均温为 8~14 °C,年降水量为 500~700 mm。区内山势陡峭,土层较薄,土壤为花岗岩、片麻岩、石英砂岩等坡积母质上

发育的典型褐土和碳酸盐褐土,地表枯枝落叶层稀薄。

## 2 研究方法

经踏查发现,白龙江流域岷江柏林遭受人为破坏较严重,多为次生林。根据林分的分布面积,选择 37 个样地进行调查,分别位于马尔康县、金川县、小金县、丹巴县和理县。岷江柏分布较少的茂县和汶川没有设置样地。样地位于山体中下部的阳坡、半阳坡和半阴坡,海拔在 1 700~2 600 m(表 1)。

### 2.1 样方设置与调查内容

每样地设置乔木样方一个(20 m×20 m),对其中乔木进行每木检尺,记录围径(距地面 50 cm 处,并换算为直径 D)、树高 H、冠幅等指标,起测围径 2 cm;在乔木样方四角和中间设置小样方 5 个(2 m×2 m),记录其中灌木草本及其株丛数、高度和盖度。另外记录样地基本信息,包括样地所在位置的坡度、坡向、海拔、土壤和干扰情况。

### 2.2 数据分析

以样方为单元,使用如下公式计算灌木和草本植物的重要值:IV=(相对多度+相对频度+相对盖度)/3。对植物的重要值以二元指示种分析(TWINSpan)进行群落分类,同时使用非度量多维尺度分析(NMDS)进行群落排序,将海拔、坡度和坡向作为环境因子。以所有 37 个样方对象,统计乔木层平均郁闭度、3 m 以上植株平均高度和基部直径;灌木层和草本层平均高度、盖度和丰富度(每样方物种数, sp/plot)。并按照样方所在地点不同分析乔木层高度(以每 1 m 为一个高度级)和直径结构(以每 5 cm 为一个径级)。在样方尺度上,分析林下灌木层与草本层盖度与丰富度的关系,使用 Spearman 秩相关检验法检验其相关性。使用 PC-ORD 软件进行 TWINSpan 分析,R 软件及 VEGAN 包进行 NMDS 分析,其他统计分析通过 R 软件实现。

## 3 结果

### 3.1 岷江柏林类型及其特点

分类树状图(图 1)显示了 TWINSpan 对 37

个样地的分类结果。依据灌木和草本层物种组成而得出的分类结果并结合乔木层的情况可以将岷江柏群系划分为8个群丛。

(1)岷江柏+青冈-黄栌-中华槲蕨+银粉背蕨+蒿。主要分布于理县,海拔约1910 m。灌木层

还有金花小檗(*Berberis wilsonae*)、川陕花椒(*Zanthoxylum piasezkii*)、栒子(*Cotoneaster* spp.)、四川丁香(*Syringa sweginzowii*)等伴生种。草本层还有禾草、亚菊(*Ajania* sp.)等。灌木层盖度约80%,草本层盖度约10%。

表1 岷江柏群落样方概况

Table 1 General information on plots of *Cupressus chenegiana* forest

样方号 Plot No.	地点 Location	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect(°)	坡度 Slope (°)	盖度 Coverage		其他主要乔木 Other tree species
					乔木 Canopy	灌木 Shrub	
JF-01	马尔康县白湾乡	2420	SE68	30	0.55	0.4	
JF-02	金川县集沐乡	2260	NW45	32	0.6	0.5	
JF-03	马尔康县白湾乡	2300	SE60	30	0.45	0.6	
JF-04	马尔康县白湾乡	2290	SE35	39	0.55	0.3	复羽叶栎树、黄连木
JF-05	金川县集沐乡	2320	NE77	46	0.5	0.4	白蜡树
JF-06	金川县集沐乡	2380	NW26	38	0.45	0.0	油松
JF-07	金川县集沐乡	2195	NW24	38	0.7	0.2	
JF-08	金川县集沐乡	2230	NW45	44	0.65	0.3	
JF-09	金川县集沐乡	2200	NW24	45	0.6	0.3	
JF-10	金川县集沐乡	2205	NW53	42	0.45	0.2	
JF-11	金川县集沐乡	2215	NE11	38	0.85	0.1	
BF-01	马尔康县脚木足乡	2390	SW37	37	0.45	0.5	君迁子、鸡桑、胡桃
BF-02	马尔康县脚木足乡	2400	SW78	32	0.55	0.5	
BF-03	马尔康县脚木足乡	2560	SW64	25	0.7	0.4	
BF-04	马尔康县白湾乡	2490	SW33	35	0.75	0.4	川陕花椒、白蜡树
BF-05	马尔康县白湾乡	2600	SW40	30	0.55	0.4	川陕花椒、复羽叶栎树
BF-06	马尔康县白湾乡	2500	SW28	32	0.25	0.5	复羽叶栎树、栒子
BF-07	马尔康县白湾乡	2400	NE41	38	0.45	0.4	川陕花椒、栒子
BF-08	马尔康县白湾乡	2400	NE35	35	0.45	0.4	栒子
LF-01	理县朴头乡	1910	NW61	45	0.7	0.8	青冈
LF-02	理县朴头乡	2020	SW36	36	0.45	0.9	青冈
LF-03	理县朴头乡	2080	—	—	0.5	0.8	青冈、四川黄栌
LF-04	理县朴头乡	2020	—	—	0.7	0.5	小叶栎
LF-05	理县朴头乡	2060	NW62	42	0.25	0.4	小叶栎、羊蹄甲
LF-06	理县	1980	NE33	38	0.45	0.8	小叶栎、四川黄栌
LF-07	理县	1920	NW19	40	0.5	0.5	
XF-01	小金县双柏乡	2390	NE69	36	0.4	0.4	
XF-02	小金县双柏乡	2420	NE72	35	0.35	0.7	
XF-03	小金县八角乡	2570	NE54	32	0.6	0.5	忍冬
XF-04	小金县宅垄乡	2247	NW27	42	0.8	0.2	
XF-05	小金县宅垄乡	2238	NW5	34	0.65	0.3	
XF-06	小金县宅垄乡	2310	NW10	35	0.7	0.2	
XF-07	小金县宅垄乡	2350	NW64	58	0.45	0.4	
XF-08	小金县双柏乡	2390	NW65	37.5	0.55	0.5	
XF-09	小金县双柏乡	2410	NE20	25	0.85	0.3	
DF-02	丹巴县格什扎乡	2310	SE68	35	0.5	0.4	
DF-03	丹巴县聂噶乡	2270	NE28	33	0.7	0.3	侧柏

(2)岷江柏+青冈+小叶栎-黄栌+中华胡枝子-苔草。主要分布于理县,海拔约2000 m。乔木层以岷江柏为主,并有青冈(*Cyclobalanopsis* sp.)和小叶栎(*Quercus chenii*)。灌木层尚有虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、四川丁香和栒子等植

物。较常见的草本还有蒿(*Artemisia* spp.)、沿阶草(*Ophiopogon* sp.)、矛叶荩草(*Arthraxon lanceolatus*)、中华槲蕨(*Drynaria sinica*)和长柄马兰(*Kalimeris longipetiolata*)。灌木层盖度约64%,草本层盖度约23%。

(3) 岷江柏—中华胡枝子—矛叶荩草。主要分布于小金和丹巴, 海拔 2 200~2 500 m。灌木层伴生种有岷谷木蓝 (*Indigofera lenticellata*)、四川木蓝 (*I. szechuensis*)、栒子、野丁香 (*Leptodermis* sp.) 等。草本层较常见的种还有苔草 (*Carex* spp.)、沿阶草、云南兔儿风 (*Ainsliaea yunnanensis*) 等。灌木层盖度约 37%, 草本层盖度约 43%。

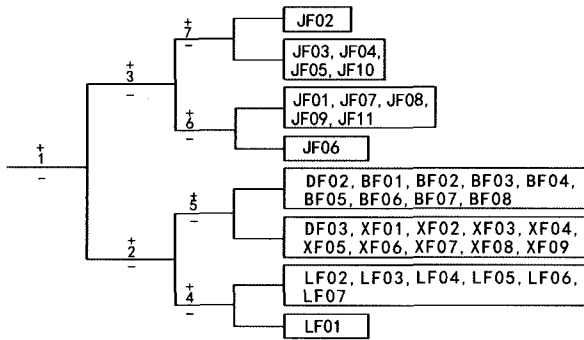


图 1 TWINSpan 分类结果

Fig. 1 TWINSpan diagram of the plots

图中字母和数字系样方号, 同表 1。

The numbers in the figure are plot No., as in the table above

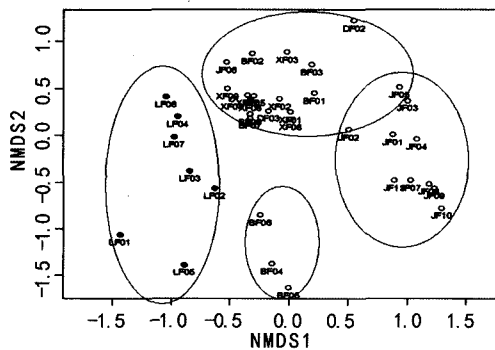


图 2 NMDS 排序图

Fig. 2 NMDS ordinations of *Cupressus chenegiana* forest community types

实心点表示位于岷江上游的样方, 空心点表示位于大渡河流域的样方, 字母和数字系样方号, 同表 1

Filled circle indicates plot near the upper reaches of Minjiang River, and circle indicates plot near Dadu River, the numbers are plot No., as in Table 1

(4) 岷江柏+川陕花椒—中华胡枝子+毛叶香茶菜—苔草+矛叶荩草。主要分布于马尔康和丹巴, 海拔 2 350~2 600 m。该群丛乔木层物种最为丰富, 还有君迁子 (*Diospyros lotus*)、白蜡 (*Fraxinus chinensis*)、鸡桑 (*Morus australis*)、复羽叶栎树 (*Koelreuteria bipinnata*) 出现。灌木层常见物种还有异叶海桐 (*Pittosporum heterophyllum*)、忍冬

(*Lonicera* sp.)、山蚂蝗 (*Desmodium* sp.) 等。草本层还有中华槲蕨、铁线蕨 (*Adiantum capillus-ven-eris*)、野棉花 (*Anemone vitifolia*) 等常见植物。灌木层盖度约 44%, 草本层盖度约 49%。

(5) 岷江柏—中华胡枝子—苔草+香青。主要分布于金川, 分布区海拔约 2 380 m。灌木层常见植物还有栒子等。草本伴生种有多茎委陵菜 (*Potentilla multicaulis*)、矛叶荩草、石莲叶点地梅 (*Androsace integra*)、野棉花等。灌木层盖度约 4%, 草本层盖度约 12%。

(6) 岷江柏—中华胡枝子—莎草。主要分布于金川, 分布区海拔 2 200~2 400 m。灌木层还有黄杨叶栒子 (*Cotoneaster buxi folius*)、岷谷木蓝、四川木蓝等伴生种。草本层常见植物还有苔草、禾草、大丁草 (*Gerbera anandria*)、矛叶荩草等。灌木层盖度约 25%, 草本层盖度约 46%。

(7) 岷江柏—陕西花椒+岷谷木蓝—毛莲蒿+莎草。主要分布于金川, 分布区海拔 2 200~2 300 m。灌木层常见植物还有中华胡枝子 (*Lespedeza chinensis*)、毛叶香茶菜 (*Rabdosia japonica*)。草本层常见的还有矛叶荩草、金毛裸蕨 (*Gymnopteris vestita*)、香薷 (*Elsholtzia ciliata*) 等。灌木层盖度约 38%, 草本层盖度约 15%。

(8) 岷江柏—毛叶香茶菜+中华胡枝子—矛叶荩草。分布于金川, 分布区海拔约 2 260 m。灌木层较常见物种还有岷谷木蓝等。草本层常见物种还有禾草、莎草 (*Cyperus* sp.)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*) 等。灌木层盖度约 45%, 草本层盖度约 31%。

通过 NMDS 排序 (图 2) 可以得到 37 个样地的排序图。可见排序结果与分类结果基本一致, 都将地理空间距离较远的样方分隔开。按照样方在图中的彼此距离, 大致可以将样方分为 3 组。第一排序轴首先将理县、金川的样方和其他地区的样方分隔开, 主要体现了这三个地区之间的海拔差异。坡度、坡向主要影响了水分和土壤等条件, 但在干热河谷特殊的气候与土壤条件下, 它们对水分和土壤的影响作用有限, 因此它们对排序的贡献较小且不显著。

### 3.2 岷江柏林的群落结构

岷江柏林平均郁闭度约 55.68%。3 m 以上植株平均密度约 1 518 ind/hm<sup>2</sup>, 高度约 6.3 m, 平均直径约 9.2 cm。高度小于 10 m 的个体共 2 079 株 (92.52%), 大于 10 m 的植株 168 株 (7.48%); 直径小于 20 cm 的个体共 2 108 株 (93.81%), 大于 20

cm的个体共139株(6.19%)。林下幼树(0.5 m < H < 3 m)较多,平均密度 393 ind/hm<sup>2</sup>,幼苗(H < 0.5 m)密度可达 6 000 ind/hm<sup>2</sup>。

从图3看出,岷江柏林乔木层树高和直径都呈倒“J”型,即高度和直径较小的个体数量最多,随着高度和直径的增加,活立木株数明显减小。表明岷

江柏森林自我更新状况良好。各个地区均有直径较大的个体出现,但高度 > 20 m 或直径 > 50 cm 的个体所占比例均很低。

植株高度分布基本呈倒“J”型曲线,但高度 < 10m 的植株又可以划分为以下几种分布型:倒“J”型分布(理县、小金)、单峰分布(马尔康、丹巴)、双峰分

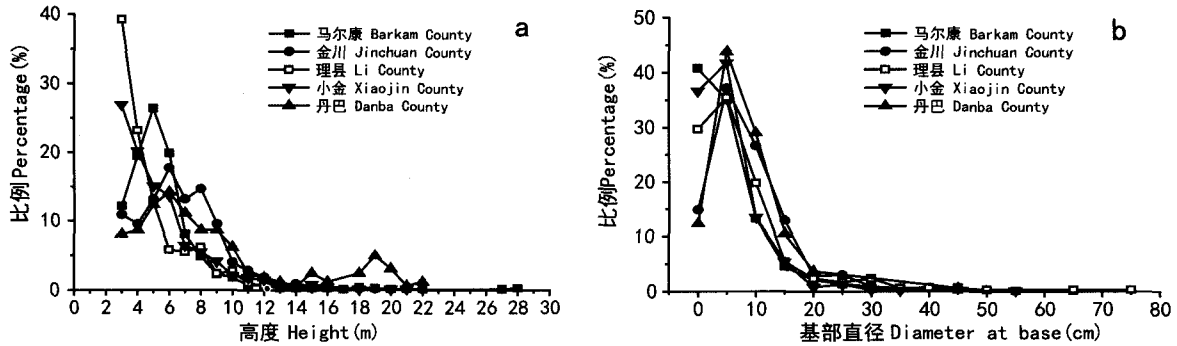


图3 岷江柏树高分布结构(a)与直径分布结构(b)

Fig. 3 Tree height distribution structure(a) and diameter distribution structure(b) of *Cupressus chenegiana* forest

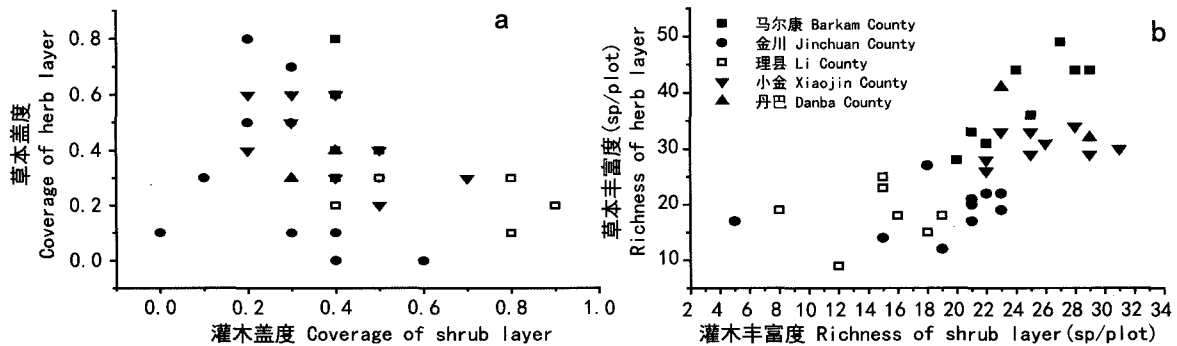


图4 岷江柏林下灌木层与草本层间关系 a. 盖度关系; b. 丰富度关系。

Fig. 4 Relationship between shrub layer and herb layer of *Cupressus chenegiana* forest a. Coverage; b. Richness.

布(金川)。倒“J”型分布说明高度矮小的植株多,表明林分较强的更新能力;单峰分布表明高度分布较均匀;双峰分布说明群落乔木层分化为两层。

岷江柏林下灌木层发育受到环境因子和林冠层的影响,灌木层平均高度约 0.7 m,平均盖度为 40% ± 14%,平均丰富度(21.82 ± 4.9) sp/plot。林中主要灌木物种为金花小檗、山蚂蝗、岷谷木蓝、四川木蓝、柃木、中华胡枝子、毛叶香茶菜、矮探春(*Jasminum humile*)、四川丁香、华西小石积(*Osteomeles schwerinae*)、四川黄栌(*Cotinus szechuanensis*)等。

草本植物种类较多,以中旱生种类为主,平均丰富度(27.91 ± 9.5) sp/plot,平均盖度为 40% ± 11%。主要草本植物有矛叶荩草、蒿、苔草、莎草、落芒草(*Oryzopsis tibetica*)、中华槲蕨、银粉背蕨、云

南兔儿风等。

从图4:a可以看出,草本层盖度与灌木层盖度呈负相关关系( $\rho = -0.4048, P = 0.012$ ),说明灌木盖度增加会抑制林下草本植物生长。但在林下草本植物物种数目并不会因为灌木物种数目的增加而减少,反而呈现出较强烈的正相关关系( $\rho = 0.7524, P < 0.001$ )(图4:b)。这种正相关关系可能是由于灌木和草本丰富度都比较高的样方(如位于马尔康县的几个样方,图4:b)与干旱河谷灌丛有更紧密的联系,边缘效应使草本和灌木丰富度升高。

## 4 结论

根据各群丛的乔木层情况,可以确定它们分属

2 个亚群系, 即针阔混交林和纯林。前者包括群丛 1、2、4; 后者包括群丛 3、5、6、7、8。这两个亚群系的乔木层郁闭度虽然相似(约 56%), 但乔木层结构、林下植物盖度、丰富度和物种组成却有较大差异。乔木层高度结构表明主要分布于金川的岷江柏纯林乔木层出现林层分化现象; 主要分布于马尔康等地的混交林中, 直径 5 cm 以下的幼苗所占比例可达 40% 以上(图 3: b), 高于金川等地的纯林(20% 以下)。这些都体现了纯林结构上较强的稳定性与混交林较强的更新能力。纯林中, 灌木盖度为 30%, 而混交林下灌木盖度高达 63%, 草本盖度相似分别为 29% 和 27%。岷江柏纯林下灌木和草本丰富度均居中(图 4: b), 而混交林下灌木草本丰富度或均较高(如位于马尔康的几个样方)或均较低(如理县的几个样方), 说明纯林林下的环境条件更均匀。物种组成方面, 根据包维楷等(2000)对干旱河谷植物的划分, 岷江柏纯林下以敏感型种组, 如柃子(*Cotoneaster* sp.) 和忍耐型种组如胡枝子(*Lespedeza* sp.) 为主, 而混交林中, 除这两类外还有扩展型种组植物如金花小檗(*Berberis wilsonae*)。我们认为这两个亚群系的岷江柏林处于不同的演替阶段, 混交林可能是由于破坏而形成的, 但只要加以保护更新能力较强的混交林将演替为稳定性更强的纯林。

岷江柏在无林地上天然更新较好, 无人畜破坏或破坏轻微的地段, 往往有小块状的岷江柏幼林, 而且生长较好, 每 1 hm<sup>2</sup> 幼树可达 1 245 株。这些幼树年龄多在 10 a 以上, 已不容易受自然灾害和人畜的伤害, 只需加以保护, 则可望成林。由于岷江柏能适应干燥贫瘠的恶劣环境, 在无林地上可天然更新成林, 这是高山峡谷区的一种特殊情况。从林冠下天然更新来看, 虽然林下幼树不多, 但幼树年龄较大, 能够稳定地通过各个发育阶段, 逐步更替过熟林木。在岷江柏林冠下, 虽有秦岭白蜡等小乔木树种, 但由于它们生物学特性和生态学特性的限制, 长期处于乔木之下或灌木层中, 有的只能依附于岷江柏林创造的稍微荫蔽的森林环境才能生长发育。同时, 这种小乔木树种, 数量少, 建群作用小, 改造环境的作用不显著。所以, 只有岷江柏才能在干暖的生态环境中形成较稳定的森林种群。岷江柏种群遭受严重破坏后, 森林环境改变, 可演替为河谷灌丛或草坡; 现在岷江和大渡河中上游的干旱河谷灌丛, 很可能是岷江柏种群破坏后形成的次生灌丛。

综上所述, 我们认为岷江柏林是干旱河谷干暖

地段的主要森林群落分布于“干旱河谷-山地森林交错带”, 其中混交林是生态恢复中的关键群落, 如遭受破坏可能演替为灌丛, 只需加以妥善的保护, 仍可恢复岷江柏群落。

**致谢** 野外调查得到理县科技局、马尔康县林业局、金川林业局、小金林业局、丹巴林业局以及阿坝州林业局的大力支持。参加野外调查的有庞学勇, 袁志忠、徐亮等同志, 特此感谢。

### 参考文献:

- 四川植被协作组. 1980. 四川植被[M]. 成都: 四川人民出版社: 133-155
- Bao WK(包维楷), Chen QH(陈庆恒), Liu ZG(刘照光). 2000. Changes of structure and species composition of degraded plant community along disturbance gradients of different intensities(退化植物群落结构及其物种组成在人为干扰梯度上的响应)[J]. *Act Bot Yunnan*(云南植物研究), 22(3): 307-316
- Bao WK(包维楷), Zhang YL(张德铨), Wang Q(王乾), et al. 2002. Rehabilitation and degradation for subalpine coniferous forest on the upper reaches of Dadu River of eastern Tibetan Plateau(大渡河上游林区森林资源退化及其恢复与重建)[J]. *J Mount Sci*(山地学报), 20(2): 194-198
- Cai HX(蔡海霞), Wu FZ(吴福忠), Yang WQ(杨万勤). 2010. Effect of simulated drought stress on antioxidant enzyme system of four native species in the ecotone between the Minjiang dry valley and mountain forest(模拟干旱胁迫对岷江干旱河谷—山地森林交错带 4 种乡土植物抗氧化酶系统的影响)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 16(4): 478-482
- Pang XY(庞学勇), Bao WK(包维楷). 2005. Analysis of growth condition and climate factors in different geographical population of *Cupressus chengiana*(岷江柏各地居群生长状况及气候因子分析)[J]. *Ecol Environ*(生态环境), 14(4): 466-472
- Qiu ZQ(邱祖青), Yang YH(杨永宏), Cao XW(曹秀文), et al. 2007. Species diversity and floristic characteristics of woody plants in the dry valley of the Bailong River, China(白龙江干旱河谷木本植物多样性及其区系地理特征)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), 42(5): 119-125
- Xu L(徐亮), Bao WK(包维楷), He YH(何永华). 2004. Morphological characters and geographical variation of cones and seeds of four *Cupressus chengiana* populations(4 个岷江柏种群的球果和种子形态特征及其地理空间差异)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 10(6): 707-711
- Xu L(徐亮), Bao WK(包维楷), Pang XY(庞学勇). 2005. Effect of temperature on the germination of *Cupressus chengiana* seeds from Xiaojin County, Sichuan Province(温度对四川小金县岷江柏种子发芽的影响)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报), 14(3): 21-25
- Yang ZP(杨兆平), Chang Y(常禹). 2007. Ecological problems of primary dry valleys in Southwest China and advances in the researches into them(我国西南主要干旱河谷生态及其研究进展)[J]. *Agric Res Arid Areas*(干旱地区农业研究), 25(4): 90-93

(下转第 640 页 Continue on page 640)

缩短抛秧秧苗的立苗时间。梁方(2003)提出了促进立苗的水分管理关键措施是保持田面湿润或极薄水层。徐世宏(2000)研究也表明抛秧稻田水层深度1~2 cm立苗速度快且有利于早生快发。

前人对抛秧水稻的立苗特性及机理进行了一定研究,但对免耕抛秧稻立苗期根系生长特性及机理研究较少,几乎未见报道,尤其涉及水分管理对免耕抛秧稻立苗期根系生长特性及机理研究鲜有报道。本试验对3种水分管理模式免耕抛秧稻立苗期根系生长特性进行了对比研究,结果表明,无论晚季或早季,整个立苗期,干湿交替灌溉处理的根冠比、单株根生物量、总根数、白根数、一次分枝根数量、根系活力、发根力均显著或极显著高于其他两个处理。此外,水层淹灌处理有利于二次分枝根的发生与根系的伸长。湿润灌溉处理更能促进早季稻根毛区生长。因此,生产上应保持适宜的田间含水量,以干湿交替灌溉水分管理模式最有利于根系生长发育。

本研究的两年试验均在大田中进行,均未遇上大风大雨,使得试验能较顺利进行,结果也相对可靠。但在复杂的气候条件下,精确控制水分的难度将非常大,肥水管理更是很大的考验,如何更合理地加强肥水管理将是本课题进一步研究的方向。另外,本试验仅考虑了在同一施肥水平下的水分管理模式,如何结合氮肥运筹研究免耕抛秧稻立苗期的根系特性也将是本课题今后的一个重要研究方向。

### 参考文献:

- 韦祖汉. 2006. 水稻免耕抛秧技术跨越式发展原因分析与思考[J]. 杂交水稻, 21(S1): 5-8  
 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 1994. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社: 162-165

- 夏敬源. 2003. 水稻栽培技术的重大革命—论优质稻免耕抛秧技术的发展与对策[J]. 中国农技推广, 6: 9-11  
 Cheng JF(程建峰), Pan XY(潘晓云), Liu YB(刘宜柏). 2002. Studies on the growth of upland rice roots under various soil conditions(土壤条件对陆稻根系生长的影响)[J]. Acta Pedol Sin(土壤学报), 39(4): 590-598  
 Guo BW(郭保卫), Zhang CH(张春华), Wei HY(魏海燕), et al. 2010. Effects of different postures on growth of broadcasted rice and the regulating factors of physical standing of broadcasted seedlings(抛秧物理立苗对水稻生长的影响及其调控因素的研究)[J]. Sci Agric Sin(中国农业科学), 43(19): 3 945-3 953  
 Jiang LG(江立庚), Li RP(李如平), Wei SQ(韦善清), et al. 2005. Root growth and standing characteristics of Jinyou 253 seedlings under no-tillage with cast transplantation(金优253免耕抛秧秧苗的根系生长与立苗特性)[J]. J Guangxi Agric Bio Sci(广西农业生物科学), 24(1): 30-34  
 Liang F(梁方). 2003. Study on the techniques of seedling establishment of no-tillage and cast-transplanted rice(水稻免耕抛秧速扎根稳立苗技术)[J]. China Agric Tech Extension(中国农技推广), 19(5): 43  
 Miura Y, Kanno T. 1997. Emission of trace gases(CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O) resulting from rice straw burning[J]. Soil Sci Plant Nut, 43: 849-854  
 Ocic JA, Brooks PC, Jenkinson DS. 1991. Field incorporation of rice straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N[J]. Soil Biol Biochem, 23: 171-176  
 Rao DN, Mikkelsen DS. 1976. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition[J]. Agron J, 68: 752-755  
 Sain P, Broadbent FE. 1977. Decomposition of rice straw in soils as affected by some management factors[J]. J Environ Quality, 6: 96-100  
 Wu JF(吴建富), Pan XH(潘晓华), Shi QH(石庆华). 2009. Seedling standing characteristics and technology of no-tillage and cast transplanting rice(免耕抛秧稻的立苗特性与立苗技术研究)[J]. Acta Agron Sin(作物学报), 35(5): 930-939  
 Xu SH(徐世宏). 2000. Different factors' effect on standing of seedling raised by plate(不同因素对塑盘育秧抛秧立苗的影响)[J]. Till Cult(耕作与栽培), (4): 18



(上接第613页 Continue from page 613)

- Ye MS(冶民生), Guan WB(关文彬), Wu B(吴斌), et al. 2006. Plant community complexity in the arid valley of Minjiang River(岷江干旱河谷植物群落的复杂性)[J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 26(10): 3 159-3 165  
 Yuan ZZ(袁志忠), Bao WK(包维楷), He BH(何丙辉). 2004. Dynamic analysis on age structure of Cupressus chengiana populations in four geographical areas(岷江柏4个地理种群年龄结构动态比较分析)[J]. J Plant Res Environ(植物资源与环境学报), 13(3): 25-30  
 Yuan ZZ(袁志忠). 2009a. Distribution patterns of Cupressus chengiana populations in four geographical areas(岷江柏四个地理种群分布格局比较研究)[J]. Chin Wild Plant Res(中国野生植物资源), 28(5): 20-23  
 Yuan ZZ(袁志忠). 2009b. Study on population structure and characteristics of Cupressus chengiana(岷江柏种群结构及其特征研究)[J]. Guizhou Agric Sci(贵州农业科学), 37(10): 167-169