

岷江干旱河谷三种主要灌丛地上生物量的分布规律

刘国华¹, 张洁瑜¹, 张育新², 周建云³, 关文彬², 马克明¹, 傅伯杰¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085;

2. 北京林业大学, 北京 100083; 3. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 灌丛是岷江干旱河谷主要的植被类型之一, 也是该地区相对稳定的生态系统类型。在岷江干旱河谷的水土保持中发挥着重要的作用。本文通过野外样地调查和实验, 研究了岷江干旱河谷分布最为广泛的荻灌丛、小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛 3 种灌丛类型的地上生物量, 并探讨了其分布规律和影响因素。结果表明: (1) 在 3 种灌丛类型中, 川甘亚菊灌丛的平均地上生物量最大, 达 $4\ 819.8\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 其次是荻灌丛, 为 $1\ 652.9\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 而滇紫草灌丛的平均地上生物量最小, 仅为 $1\ 407.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; (2) 在同一灌丛类型中, 不同样地的灌丛地上生物量存在着差异, 其中荻灌丛的地上生物量的变化幅度最大, 为 $304.2\sim 5\ 804.7\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 滇紫草灌丛地上生物量的变化幅度为 $241.1\sim 3\ 889.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 川甘亚菊灌丛地上生物量的变化幅度相对较小, 为 $2\ 089.8\sim 6\ 457.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 说明川甘亚菊灌丛的群落结构相对稳定。(3) 荻灌丛的地上生物量随海拔的上升而减少, 而小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛的地上生物量则随海拔梯度的升高而增加, 但三者都呈现出较好的相关性。(4) 在 3 种灌丛类型中, 荻灌丛的土壤水分条件相对较好, 其次为小花滇紫草灌丛, 川甘亚菊灌丛的土壤水分条件最差。3 种灌丛中, 小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛的地上生物量受土壤水分条件的影响较大, 表现为随着土壤水分的增加, 灌丛的地上生物量也相应地增加, 并呈现较好的相关性; 而荻灌丛的地上生物量受水分条件的影响较小。本研究结果可为对于岷江干旱河谷灌丛植被的保护及其退化生态系统的恢复重建提供科学依据。

关键词: 荻灌丛; 小花滇紫草灌丛; 川甘亚菊灌丛; 地上生物量; 岷江; 干旱河谷

中图分类号: Q 148

文献标识码: A

岷江干旱河谷位于岷江上游地区(都江堰以上), 该地区多高山峡谷, 致使冷湿气团难于进入, 形成干旱河谷气候——焚风效应, 使河谷内蒸发量远大于降雨量, 土壤干燥成为该地区的主要自然特点。据考察, 岷江干旱河谷始于汶川县飞沙关, 沿干流至茂县石大关, 此外, 岷江两条主要支流杂谷脑河(至理县甘堡) 和黑水河(至色尔古) 也属干旱河谷区, 干旱河谷总长度为 161km, 总面积达 170km^2 , 其海拔变化的幅度为 $200\sim 400\text{m}^{[1]}$ 。由于干旱缺水, 加以山体陡峭、土壤瘠薄, 河谷内生态环境十分脆弱, 植被发育以干旱灌草丛为主, 并形成相对稳定的群落。这些灌草丛不仅对于干旱河谷地区的水土保持起着重要的作用, 而且, 也为探讨干旱河谷退化植被的恢

复重建的途径提供了良好的研究基地。然而, 目前岷江对干旱河谷灌丛的关注程度还是相对较低, 仅有少数的研究报道^[2-4]。因此, 研究这些灌草丛的群落特征、生长规律及其与环境的关系, 进而加强恢复和保护, 对于维护干旱河谷地区的生态环境具有重要的作用。

生物量是群落结构和功能的主要测度指标之一, 它也体现了群落结构、环境以及人类活动等因素的综合作用结果, 反映了群落的生长状况^[5]。我们在大量野外调查的基础上, 研究了岷江干旱河谷中荻灌丛、小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛等三种分布最为广泛的主要灌丛类型的地上生物量及其在山体上的分布规律, 试图从这一角度来揭示这三种灌

收稿日期(Received date): 2002- 11- 17; 改回日期(Accepted): 2002- 12- 27。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(40171085)、国家重点基础研究发展规划项目(G2000046807) 和中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1- 01- 17)。[This study is funded by National Natural Science Foundation of China(40171085), State Key Basic Research and Development Plan(G2000046807) and Key Project of KIP, CAS(KZCX1-01-17).]

作者简介(Biography): 刘国华(1965-), 男, 江西宁都人, 副研究员。主要从事碳循环和土地利用/覆被变化等方面的研究。已发表学术论文 40 篇。[LIU Guo-hua(1965-), male, Born in Ningdu County, Jiang-xi Province, associate professor. Main research field: carbon cycle and land-use/cover change, etc. 40 papers have been published.]

丛类型的生长状况与环境因子的关系, 为岷江干旱河谷区灌丛植被的保护和恢复重建提供一定的科学理论依据。

1 研究区域概况

研究区域位于四川省茂县石大关和飞虹两乡岷江干流河谷山地, $103^{\circ}41'06'' \sim 103^{\circ}44'27'' E$; $31^{\circ}48' \sim 31^{\circ}54'55'' N$ 。该地气候属于干旱河谷气候, 年平均温度为 $10 \sim 11^{\circ}C$ 左右, $\geq 10^{\circ}C$ 的年积温为 $4071.5^{\circ}C$ 左右, 年降水量 490 mm 左右^[6]。按干旱河谷类型划分, 属于典型干温河谷的半干旱类型, 年干燥度为 $2.1 \sim 3.4$ ^[1]。由于气候干旱, 区内植被类型主要为适应干旱河谷气候的以中生性耐旱植物为主的干旱灌草植被, 植物种类大多数具有多刺、多毛、叶小以及肉质等特征。主要类型有蕓 (*Caryopteris*) 灌丛、川甘亚菊 (*Ajania potaninii*)、滇紫草 (*Onosma*) 灌丛、白刺花 (*Sorophora vrcifolia*) 灌丛、羊蹄甲 (*Bauhinia*) 灌丛等; 草本植物种类繁多, 有须芒草 (*Miscanthus sinensis* Anders.)、黄背草 (*Themeda triandra*)、羊齿天门冬 (*Asparagus filicinus* Ham. Ex D. Don)、垫状卷柏 (*Selaginella pulvinata*)、金色狗尾草 (*Setaria glauca* (L.) Beauv.)、三芒草 (*Aristida adscensionis* L.) 和异颖芨芨草 (*Achnatherum inaequiglume* Keng.) 等^[1, 7]; 研究区域内的土壤类型以山地褐土和山地棕壤为主^[8]。

2 研究方法

2.1 样带及样地设计

我们于 2001-08 下旬分别在茂县石大关和飞虹两乡境内, 沿岷江干流河谷两边山坡的山脚至山顶各设置一条 V 型样带, 在样带上沿海拔梯度的间隔并结合不同的灌丛类型, 分别设置了 24 和 12 个样地, 其中, 蕓灌丛有 9 块样地, 小花滇紫草和川甘亚菊各有 7 块样地; 样地面积皆为 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 。在调查中, 对样地内所有的灌木和草本进行测量, 测定的要素有灌木的基径、高度、盖度、株数、冠幅和地上生物量以及草本物种多度、高度和盖度等, 此外, 还测定了海拔、坡度、坡向和土壤水分等环境因子。

2.2 生物量的测定

生物量的调查时间为 8 月下旬, 是当地植物生物量达到最大的时期。由于该区山高坡陡, 干旱少

雨、土壤瘠薄、环境恶劣, 植被难于恢复, 为了减少在野外实验过程中对当地经长期演化恢复而相对稳定的灌丛植被进一步受到破坏, 因此, 生物量的测定采用标准株, 即对样地中每一个灌木物种选取 3~5 株不同径级的标准株, 进行收割, 称量其鲜重, 同时, 测量其基径和高度, 然后取样带回实验室, 在 $80^{\circ}C$ 通风干燥箱内烘至恒重, 测定其干重, 进行群落地上生物量的计算。土壤水分的测定采用便携式土壤水分测定仪 (型号: ML2X, 产地: 英国, 精度: $\pm 2\%$), 测定 0~20cm 土壤深度中的土壤水分, 野外调查的几天, 天气晴热, 为典型的干旱河谷气候, 因此, 土壤水分的测定结果能很好地反映干旱河谷中的土壤水分状况。

3 结果和讨论

3.1 三种灌丛类型的群落学特征

3.1.1 蕓 (*Caryopteris* spp.) 灌丛

蕓属为多年生小灌木, 在干旱河谷中常见的有兰花蕓 (*Caryopteris incana* Miq.)、香蕓 (*C. odorata* (D. Don) B. L. R. L. Robinson) 和三花蕓 (*C. terniflora* Maxim.) 等, 主要分布在干旱河谷核心地带海拔 $1800 \sim 2100 \text{ m}$ 的阳坡、半阳坡和半阴坡。在不同海拔的山坡上, 分别由它们中的一种或两种组成单优势种或多优势种灌丛。灌丛中常见的伴生种有小花滇紫草 (*Onosma farrerii* Johnston.)、白刺花 (*Sorophora vrcifolia*)、小马鞍羊蹄甲 (*Bauhinia faberi* var. *microphylla*)、铁扫帚 (*Indigofera bungeana* Steud.) 等, 此外, 在不同的样地中还有小冻绿 (*Rhamnus rosthornii* Pritz.)、多花胡枝子 (*Lespedeza floribunda* Bunge)、瘦叶堇花 (*Wikstroemia modesta* (Rehd.) Domke) 和黄蔷薇 (*Rosa hugonis* Hemsl.) 等出现; 群落高度一般为 $80 \sim 100 \text{ cm}$, 盖度的变幅较大, 为 $15\% \sim 80\%$, 但多集中在 $50\% \sim 65\%$ (见表 1)。群落中常见的草本植物种类有黄背草 (*Themeda triandra*)、黄茅 (*Heteropogon contortus*)、毛叶荩草 (*Arthraxon prionodes* (Steud.) Dandy)、各种蒿 (*Antemisia* spp.)、疏花早熟禾 (*Poa chalarantha*)、绵枣儿 (*Scilla scilloides* Lindl.)、穗花通泉草 (*Mazus spicatus* Vaniot) 和灰枝紫菀 (*Aster poliothamnus* Diels.) 等, 此外, 不同的样地中可见小红菊 (*Dendrathera chanelii* (Levl.) Shih)、翻白委陵菜 (*Potentilla leuconota* D. Don)、

细柄草 (*Capillipedium parviflorum*)、金色狗尾草 (*Setaria glauca* (L.) Beauv.)、多叶韭 (*Allium plurifoliatum* Rend.)、火绒草 (*Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauv.)、戟叶垂头菊 (*Cremanthodium potaninii* C. Winkl.)、黄花邪蒿 (*Seseli incisodentatum* K. T. Fu)、扭盔马先蒿 (*Pedicularis davidii* Franch.)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus* Trin.)、马尾柴胡 (*Bupleurum microcephalum* Diels)、四脉金茅 (*Eulalia quadrinervis* (Hack.) Kuntze)、野荞麦 (*Fagopyrum gracilipes* (Hemsl.) Dandy)、四川香茶菜 (*Isodon setschwanensis*)、尖头叶藜 (*Chenopodium acuminatum* Willd.) 等。不同样地中草本层高度一般为 60~95 cm, 盖度在 40%~85% 之间。

3.1.2 小花滇紫草灌丛

小花滇紫草是多年生半灌木, 主要分布于四川西部、甘肃和陕西南部。在岷江干旱河谷, 小花滇紫草广泛分布在海拔 1700~2200m 的山坡上, 并形成以小花滇紫草为主或与蕨属种类共同组成的灌丛类型。该灌丛是岷江干旱河谷主要灌丛类型之一, 其他伴生种类有小马鞍羊蹄甲、蕨 (*Caryopteris* spp.)、白刺花、铁扫帚、甘肃瑞香 (*Daphne tangutica* Maxim.)、多花胡枝子、黄蔷薇、山桃 (*Prunus davidiana* (Carr.) Franch.) 和华北驼绒藜 (*Ceratoides arborescens* (Losinsk.) Tsien et C. G. Ma) 等, 群落高度为 40~50 cm, 盖度为 20%~65%, 但多在 45%~55% 之间 (表 2)。群落中草本层的种类主要有黄背草、绵枣儿、大油芒、分枝油芒 (*S. ramarus* Keng.)、小菅草 (*Phameda hookeri* (Griseb.) A. Camus)、毛叶荩草、灰枝紫菀、小舌紫菀 (*A. albescens* (DC.) Hand. - Mazz.)、猪毛菜 (*Salsola collina* Pall.)、火绒草、鹤草 (*Silene fortunei* Vis.)、细柄草、密生苔草 (*Carex crebra* V. Krecz)、各种蒿以及拟金茅 (*Eulaliopsis binata* (Retz.) C. E. Hudd.) 等, 草本层高度为 30~40 cm, 盖度为 60%~80%。

3.1.3 川甘亚菊 (*Ajania potaninii*) 灌丛

川甘亚菊是一种多年生小灌木, 在我国主要分布于川西北和甘肃的干燥向阳山坡。该灌丛是岷江干旱河谷主要的灌丛类型, 分布面积较大, 常分布在干旱河谷 1500~2000 m 左右的阳坡或半阳坡。川甘亚菊灌丛的群落结构相对简单, 主要由黄花亚菊组成灌丛单优势种, 其它伴生种有小花滇紫草、蕨属、多花木蓝 (*Indigfera amblyantha* Craib.)、小马

鞍羊蹄甲、多花胡枝子、细梗胡枝子 (*Lespedeza virgata* (Thunb.) DC.)、甘肃瑞香和白刺花等。群落高度为 30~50cm, 盖度为 57%~65% (表 3)。与前两类灌丛相比, 群落中草本植物种类较少, 主要有绵枣儿、尖头叶藜、紫花野青茅 (*Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin.)、多种景天 (*Sedum* spp.)、虎尾草 (*Chloris virgata* Sw.)、虱子草 (*Tragus berteronianus* Schult.)、垫状卷柏 (*Selaginella pulvinata*)、多种苔草 (*Carex* spp.)、黄花蒿、猪毛菜、疏花早熟禾、金色狗尾草、三芒草 (*Aristida adsensionis* L.)、异颖芨芨草 (*Achnatherum inaequiglume* Keng.) 等, 草本层高度为 20~40 cm, 草本植物稀疏, 盖度一般为 5%~10%。

3.2 灌丛地上生物量及其分布规律

3.2.1 灌丛的地上生物量及其分布规律

通过野外调查及取样烘干分析, 我们测定了岷江干旱河谷中蕨灌丛、小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛等三种主要灌丛类型地上生物量、物种组成及相关的环境因子, 其结果如表 1~表 3 所示。

在三种灌丛类型中, 川甘亚菊灌丛的平均地上生物量最大, 达到 $4\ 819.8\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 蕨灌丛和小花滇紫草灌丛的平均地上生物量相差不大, 分别为 $1\ 652.9\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $1\ 407.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 而对比各类灌丛本身不同的样地发现: 在不同样地中, 川甘亚菊灌丛地上生物量的变化幅度也相对较小, 从 $2\ 089.8\sim 6\ 457.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 而蕨灌丛和小花滇紫草灌丛地上生物量的变化幅度则较大, 分别为 $304.2\sim 5\ 804.7\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $241.1\sim 3\ 889.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。这说明川甘亚菊灌丛比蕨灌丛和小花滇紫草灌丛更能适应于干旱河谷的生态环境。此外, 在蕨灌丛的 9 个样地中, 阴坡两个样地的地上生物量明显要大于阳坡的其他样地, 从群落结构来看, 虽然在不同的样地中, 其灌丛物种的组成和数量有所变化, 但其主要的原因可能是因为在阴坡样地中, 小马鞍羊蹄甲、白刺花等灌木的多度比阳坡样地中多, 而且, 阴坡样地的群落高度也大于阳坡。而小花滇紫草灌丛的地上生物量则表现为阴坡的两个样地小于阳坡的其他样地, 这可能是因为在阴坡两个样地中的群落结构比阳坡的简单, 以及阴坡的两个样地主要分布在山坡的基部, 受人类活动的干扰较为频繁, 因为干扰频度越高, 植被则始终处于生长的初时状态, 从而导致地上生物量的积累也越低。由此可见, 灌丛地上生物量由群落本身的组成结构、环境因子及人类活动等因素的

综合作用所决定。

表 1 不同样地中荻灌丛的物种组成及地上生物量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Table 1 Species composition and aboveground biomass of *Caryopteris* shrub in different plot ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

海拔 Altitude (m)	坡度、坡向 Slope, exposure	土壤水分 Soil moisture (%)	灌层盖度 Coverage (%)	灌木物种组成 Composition of shrub species	地上生物量 Aboveground biomass
1930	39, 阴坡 ubac	11.18	55	兰花菵, 小马鞍羊蹄甲, 白刺花, 小花滇紫草, 小冻绿	5804.7
1980	40, 阴坡 ubac	15.95	51	兰花菵, 小花滇紫草, 小马鞍羊蹄甲	2127.2
2005	33, 阳坡 adret	13.83	50	兰花菵, 三花菵, 小花滇紫草, 白刺花, 小 马鞍羊蹄甲, 多花胡枝子, 铁扫帚	510.8
2010	28, 阳坡 adret	14.19	15	三花菵, 白刺花, 小马鞍羊蹄甲	304.2
2046	32, 阳坡 adret	12.09	65	香菵, 三花菵, 白刺花, 小花滇紫草, 铁扫帚	737.4
2055	28, 阳坡 adret	14.70	45	香菵, 三花菵, 小花滇紫草, 白刺花, 铁扫帚, 小马鞍羊蹄甲	1534.0
2070	32, 阳坡 adret	13.77	65	香菵, 小花滇紫草, 小马鞍羊蹄甲, 白刺花, 铁扫帚	946.9
2075	35, 阳坡 adret	17.24	80	三花菵, 小马鞍羊蹄甲, 小花滇紫草, 白刺花, 铁扫帚	826.7
2095	33, 阳坡 adret	18.94	65	三花菵, 小花滇紫草, 白刺花, 瘦叶菵花, 多花木蓝, 铁扫帚	2083.8
平均					1652.9

表 2 不同样地中小花滇紫草灌丛的物种组成及地上生物量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Table 2 Species composition and aboveground biomass of *Onosma farrenii* shrub in different plot ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

海拔 Altitude (m)	坡度、坡向 Slope, exposure	土壤水分 Soil moisture (%)	灌层盖度 Coverage (%)	灌木物种组成 Composition of shrub species	生物量 Aboveground biomass
1790	40, 阴坡 ubac	12.42	40	小花滇紫草, 兰花菵, 白刺花	361.2
1830	40, 阴坡 ubac	9.85	55	小花滇紫草, 兰花菵, 白刺花, 小马鞍羊蹄甲	431.9
1940	38, 阳坡 adret	8.38	45	小花滇紫草, 香菵, 多花胡枝子, 白刺花, 铁扫帚, 华北驼绒藜	1096.2
1975	25, 阳坡 adret	14.14	25	小花滇紫草, 小马鞍羊蹄甲, 三花菵, 白刺花, 铁扫帚	241.1
2105	32, 阳坡 adret	16.10	65	小花滇紫草, 白刺花, 三花菵, 铁扫帚, 甘肃瑞香	3889.2
2120	32, 阳坡 adret	14.35	45	小花滇紫草, 三花菵, 白刺花, 铁扫帚, 甘肃瑞香, 山桃	2486.3
2135	30, 阳坡 adret	13.45	20	小花滇紫草, 三花菵, 白刺花, 铁扫帚, 黄蔷薇, 甘肃瑞香	1344.3
平均					1407.2

表 3 不同样地中川甘亚菊灌丛的物种组成及地上生物量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)Table 3 Species composition and aboveground biomass of *Ajanía potaninii* shrub in different plot ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

海拔 Altitude (m)	坡度、坡向 Slope, exposure	土壤水分 Soil moisture (%)	灌层盖度 Coverage (%)	灌木物种组成 Composition of shrub species	生物量 Aboveground biomass
1670	35, 阳坡 adret	3.92	63	川甘亚菊, 香菰, 白叶菰, 多花木蓝, 小花滇紫草, 甘肃瑞香	2089.8
1720	36, 阳坡 adret	4.30	63	川甘亚菊, 香菰, 小花滇紫草, 白叶菰, 多花木蓝	5382.2
1760	39, 阳坡 adret	4.27	57	川甘亚菊, 香菰, 小花滇紫草, 白叶菰, 多花木蓝	4722.8
1800	38, 阳坡 adret	5.08	60	川甘亚菊, 香菰, 小花滇紫草, 白叶菰, 多花木蓝	5944.6
1840	36, 阳坡 adret	5.12	65	川甘亚菊, 白刺花, 香菰, 小花滇紫草, 细梗胡枝子	4221.8
1880	36, 阳坡 adret	9.25	60	川甘亚菊, 小花滇紫草, 香菰, 细梗胡枝子	6457.5
1920	36, 阳坡 adret	7.57	62	川甘亚菊, 多花胡枝子, 白刺花, 小花滇紫草, 白叶菰, 香菰, 小马鞍羊蹄甲	4920.0
平均					4819.8

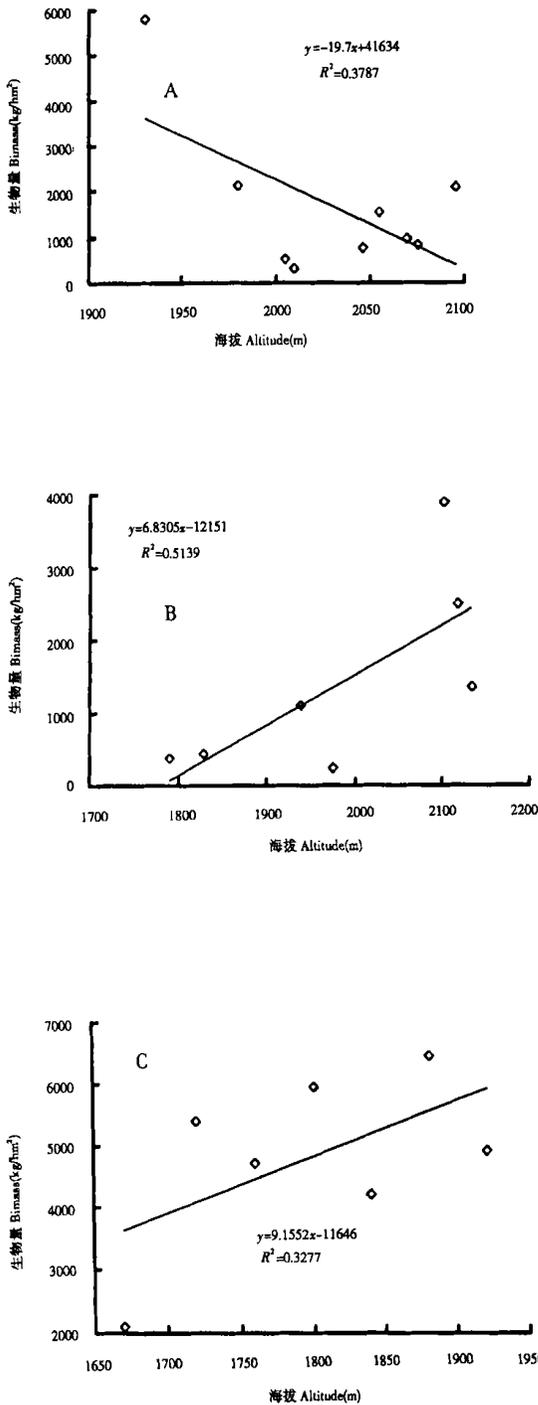
那么, 灌丛地上生物量的分布是否有一定的规律性呢? 尤其是在高山峡谷这种具有高度异质性景观的地区? 为此, 我们分析了三种灌丛类型地上生物量与海拔之间的关系(菰灌丛为阳坡的7个样地), 结果表明, 菰灌丛的地上生物量随海拔的上升而呈下降趋势, 小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛的地上生物量都随海拔梯度的升高而呈波浪式递增关系, 并表现出较好的相关性(图1)。

3.2.2 地上生物量与环境因子的关系

群落地上生物量的影响因素很多, 它不仅取决于群落本身的特征, 如群落的物种组成、结构以及物种的丰度等, 而且还受群落生存的环境因子的影响, 如降雨、温度、海拔、地形、地貌以及土壤等因素, 是这些因素综合作用的结果。然而, 在不同的地区, 影响群落地上生物量的主导因子可能不同。因此, 探讨各环境因子对群落地上生物量的影响, 不仅有助于揭示群落地上生物量的分布规律, 从而为区域尺度群落生物量的推绎提供依据, 而且也有利于了解群落的生长动态及其限制因子, 为区域生态系统的保护和恢复重建提供指导。

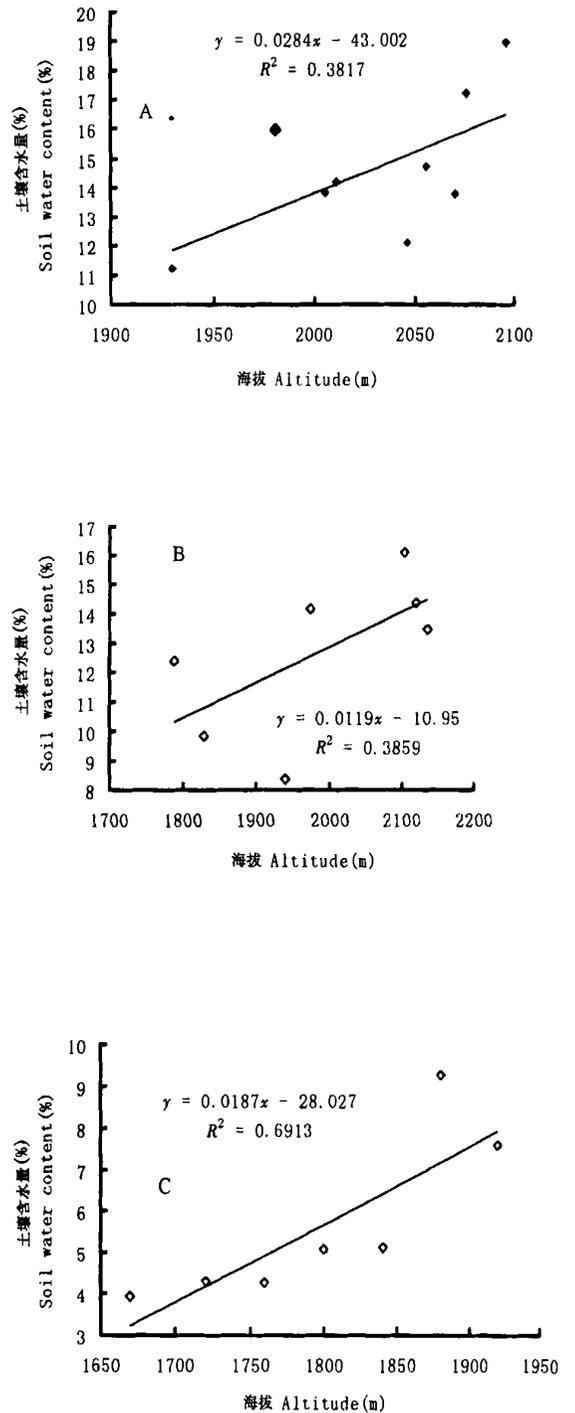
如上所述, 菰灌丛地上生物量随海拔的升高而减少, 但小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛则随海拔梯度的升高而增加。那么, 该地区灌丛地上生物量

这种规律性分布的决定因素是什么? 考虑到干旱河谷的区域特点, 我们选取土壤水分作为主要生态环境因子, 探讨其与灌丛地上生物量间的关系。首先, 对三种灌丛类型所有样地的土壤水分进行比较发现: 川甘亚菊灌丛所处生境中的土壤水分最低, 从4%至9%左右, 小花滇紫草灌丛的土壤水分为8%~16%左右, 而菰灌丛的土壤水分相对较好, 为11%~19%之间, 说明川甘亚菊具有更强的适应干旱的能力。然后, 通过对土壤水分和海拔间的关系进行分析, 结果发现: 在三种灌丛类型的样地中, 土壤水分也随海拔梯度的升高而增加, 并体现出很好的相关性(图2); 与此相对应, 小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛的地上生物量随着土壤水分的增加而增加, 并具有较好的相关性(图3B和3C), 而菰灌丛的地上生物量受土壤水分的影响相对较小(图3A)。由此可见, 土壤水分条件是干旱河谷中灌丛植被生长的主要限制因子之一。这主要是由于在干旱河谷地区逆温层现象的形成^[1], 导致在干旱河谷低海拔基带的“焚风”作用相对强烈, 土壤水分条件较差, 灌丛植被生长受到抑制, 地上生物量较低; 而随着海拔的升高, “焚风”作用不断降低, 土壤水分条件逐步得到改善, 从而有利于灌丛植被的生长, 其地上生物量也呈增加的趋势。



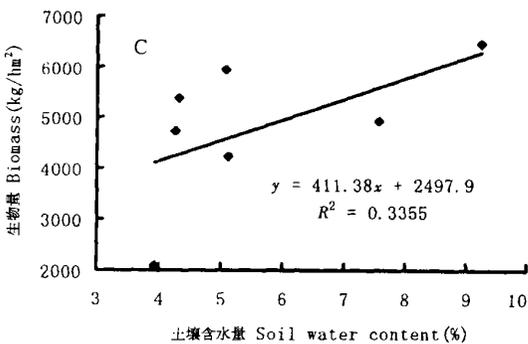
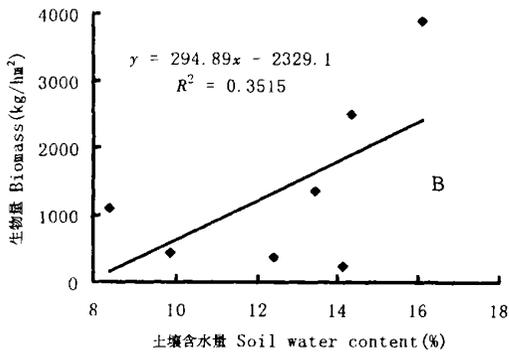
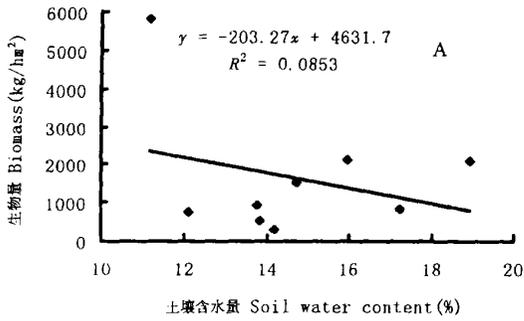
(A- 蕨灌丛, B- 小花滇紫草灌丛, C- 川甘亚菊灌丛)
 (A- *Caryopteris* shrub, B- *Onosma farrieri* shrub,
 C- *Ajania potaninii* shrub)

图 1 灌丛地上生物量沿海拔梯度的分布
 Fig. 1 Distribution of shrub aboveground biomass along altitude gradient



(A- 蕨灌丛, B- 小花滇紫草灌丛, C- 川甘亚菊灌丛)
 (A- *Caryopteris* shrub, B- *Onosma farrieri* shrub,
 C- *Ajania potaninii* shrub)

图 2 各样地土壤水分随海拔梯度的变化
 Fig. 2 Changes of soil water content in each plot along altitude gradient



(A- 菵灌丛, B- 小花滇紫草灌丛, C- 川甘亚菊灌丛)

(A- *Caryopteris* shrub, B- *Onosma farrerii* shrub,

C- *Ajania potaninii* shrub)

(A- 菵灌丛, B- 小花滇紫草灌丛, C- 川甘亚菊灌丛)

(A- *Caryopteris* shrub, B- *Onosma farrerii* shrub,

C- *Ajania potaninii* shrub)

图 3 灌丛地上生物量与土壤水分的关系

Fig. 3 The relationship between shrub aboveground biomass and soil water content

4 结论

通过对岷江干旱河谷 3 种主要灌丛类型地上生物量的调查和分析, 可得出以下结论:

1. 在 3 种灌丛类型中, 川甘亚菊灌丛的地上生物量最大, 达 $4\ 819.8\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 其次是菵灌丛, 为 $1\ 652.9\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 而滇紫草灌丛的平均地上生物量最小, 仅为 $1\ 407.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 说明川甘亚菊灌丛对干旱河谷的环境具有更强的适应能力。

2. 在同一灌丛类型中, 不同样地的灌丛地上生物量存在着差异, 其中菵灌丛的地上生物量的变化幅度最大, 为 $304.2\sim 5\ 804.7\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 滇紫草灌丛地上生物量的变化幅度为 $241.1\sim 3\ 889.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 川甘亚菊灌丛地上生物量的变化幅度相对较小, 为 $2\ 089.8\sim 6\ 457.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 说明川甘亚菊灌丛的群落结构相对稳定。

3. 菵灌丛的地上生物量随海拔的上升而减少, 小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛地上生物量都随海拔梯度的升高而增加, 三者皆呈现出良好的相关性。

4. 在 3 种灌丛类型中, 菵灌丛的土壤水分条件相对较好, 其次为小花滇紫草灌丛, 川甘亚菊灌丛的土壤水分条件最差。3 种灌丛中, 小花滇紫草灌丛和川甘亚菊灌丛的地上生物量随着土壤水分的增加而呈相应地增加, 并呈现较好的相关性, 菵灌丛的地上生物量则受土壤水分条件的影响相对较小, 其生物量的变化可能是群落本身的结构差异所引起。

干旱河谷灌丛地上生物量这种规律性分布的主要原因可能是: 由于干旱河谷地区逆温层的存在, 导致在低海拔地区, “焚风”作用相对较强, 其土壤水分条件较差, 灌丛的生长受到抑制, 随着海拔的升高, “焚风”作用不断降低, 土壤水分条件逐步得到改善, 灌丛的生长状况较好。由此可见, 土壤水分是干旱河谷灌丛植被生长的主要限制因素。本研究的结果对于干旱河谷灌丛的保护及其退化生态系统的恢复重建具有一定的指导意义。

致谢: 康永祥、吕河、刘世梁、谢春华、杨荣金、黄奕龙、黄志霖、吴建安和卢涛等同志参加了野外工作, 在此表示感谢!

参考文献 (References):

- [1] The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai- Xizang Plateau, CAS. The Dry Valleys of the Hengduan Mountains Region. Beijing: Science Press. 1992. [中国科学院青藏高原综合科

- 学考察队. 横断山区干旱河谷[M]. 北京: 科学出版社. 1992.]
- [2] Liu Wenbin, Flora of the semi-arid valley scrubs on the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of Mountain Science*. 1992. 10 (2): 83~ 88. [刘文彬. 岷江上游半干旱河谷灌丛植物区系[J]. 山地研究, 1992. 10(2): 83~ 88.]
- [3] Liu Wenbin, Main types of the semi-arid valley scrubs on the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of Mountain Science*. 1994. 12(1): 27~ 31. [刘文彬. 岷江上游半干旱河谷灌丛的主要类型[J]. 山地研究, 1994. 12(1): 27~ 31.]
- [4] Liu Qing, Bao Weikai, Qiao Yongkang et al. Studies on the inter-specific relationship among dominant species of the semi-arid valley scrubs in Maoxian on the upper reaches of the Minjiang River. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 1994. 12(1): 27~ 31. [刘庆, 包维楷, 乔永康等. 岷江上游茂县半干旱河谷灌丛优势种间关系的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1996. 2(1): 36~ 42.]
- [5] Roy J, Saugier B, Mooney H A. Terrestrial global productivity [M]. San Diego, California: Academic Press. 2001.
- [6] Committee of Chorography of Maowen Qiang Nationality Autonomous County, Aba Zang and Qiang Nationality Autonomous District, Sichuan Province. Chorography of Maowen Qiang Nationality Autonomous County. Chengdu: Dictionary Press of Sichuan. 1997. [四川省阿坝藏族羌族自治州茂汶羌族自治县地方志编纂委员会. 茂汶羌族自治县志[M]. 成都: 四川辞书出版社. 1997.]
- [7] Editorial Board of Sichuan Vegetation. Sichuan Vegetation. Chengdu: People's Publishing House of Sichuan. 1980. [四川植被协作组. 四川植被[M]. 成都: 四川人民出版社. 1980.]
- [8] Bureau of Agriculture and Pasturage, Office of Soil Survey, Sichuan Province. Soil of Sichuan. Chengdu: Science and technology Press of Sichuan. 1997. [四川省农牧厅, 四川省土壤普查办公室. 四川土壤[M]. 成都: 四川科学技术出版社. 1997.]

Distribution Regulation of Aboveground Biomass of Three Main Shrub Types in the Dry Valley of Minjiang River

LIU Guo-hua¹, ZHANG Jie-yu¹, ZHANG Yi-xin², ZHOU Jian-yun³,
GUAN Wen-bing², MA Ke-ming¹, and FU Bo-jie¹

(1. Key Laboratory of System Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Northwestern Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi Province, 712100 China)

Abstract: Shrub is one of the main vegetation types in the Dry Valley of Minjiang River. It is also one of the stable ecosystems, and plays an important role in the water and soil conservation in this region. In this paper, aboveground biomass and its distribution regulation of *Caryopteris* shrub, *Onosma farrerii* shrub and *Ajania potaninii* shrub are studied according to the field investigations and experiments. The results show that (1) Among the 3 shrubs, average aboveground biomass of *Ajania potaninii* shrub, up to 4819.8 kg·hm⁻², is the biggest. That of *Caryopteris* shrub is 1652.9 kg·hm⁻². And that of *Onosma farrerii* shrub, only 1407.2 kg·hm⁻², is the smallest. (2) Aboveground biomass is very different in each plot in the same shrub type. Aboveground biomass of *Caryopteris* shrub changes from 304.2 to 5804.7 kg·hm⁻² in 9 plots; that of *Onosma farrerii* shrub changes from 241.1 to 3889.2 kg·hm⁻² in 7 plots; and *Ajania potaninii* shrub changes from 2089.8 to 6457.5 kg·hm⁻² in 7 plots. (3) Among the 3 shrub types, aboveground biomass is well correlated with the altitude gradient. Aboveground biomass of *Caryopteris* shrub decreases along with altitude increasing, while that of the other two increase. (4) Among the 3 shrub types, soil water content is the highest in *Caryopteris* shrub, and that is lowest in *Ajania potaninii* shrub. That means *Ajania potaninii* shrub is better to adapt the environments of the Dry Valley. Aboveground biomass of 3 shrub types is affected by soil water content. Aboveground biomass of *Onosma farrerii* shrub and *Ajania potaninii* shrub and their soil water content have correlated commendably, while there is not a good correlation between that of *Caryopteris* shrub and its soil water. As a whole, soil water content is the main limited factor for shrub growth in the Dry Valley of Minjiang River. The results

of this study can provide scientific bases for shrub vegetation protection and degraded ecosystem rehabilitation in the Dry Valley of Minjiang River.

Key words: Caryopteris shrub; Onosma farrerii shrub; Ajanía potaninii shrub; aboveground biomass, distribution regulation; the dry valley, Minjiang River

2002 年版《中国科技期刊引证报告》 影响因子和被引频次排序(摘登)

据中国科学技术信息研究所 2002 年版《中国科技期刊引证报告》(CJCR), 2002 年共收录各学科中国科技期刊 1447 种,《山地学报》影响因子排序为 51 位,在地质地理类 40 种刊物的影响因子和总被引频次排序分别为第 10 位和 12 位(见下表):

名次	期刊名称	影响因子	名次	期刊名称	总被引频次
1	地质学报	1.816	1	地理学报	847
2	地理学报	1.493	2	地质论评	823
3	冰川冻土	1.469	3	地质学报	753
4	地质论评	1.249	4	岩石学报	551
5	矿床地质	1.047	5	地质科学	441
6	岩石学报	1.035	6	冰川冻土	432
7	地理研究	0.975	7	沉积学报	420
8	古地理学报	0.953	8	地理研究	415
9	地理科学进展	0.888	9	矿床地质	322
10	山地学报	0.809	10	地理科学	296
11	地质科学	0.791	11	海洋地质与第四纪地质	281
12	高校地质学报	0.691	12	山地学报	278
13	岩石矿物学杂志	0.564	13	地质科技情报	224
14	岩矿测试	0.500	14	岩矿测试	221
15	地理科学	0.473	15	现代地质	205
16	海洋地质与第四纪地质	0.466	16	地层学杂志	200
17	沉积学报	0.463	17	地质与勘探	198
18	西北地质	0.462	18	水文地质工程地质	188
19	极地研究	0.431	19	高校地质学报	181
20	地层学杂志	0.392	20	新疆地质	161
21	中国岩溶	0.350	21	石油实验地质	151
22	现代地质	0.325	22	地理科学进展	147
23	热带地理	0.316	23	中国岩溶	147
24	干旱区地理	0.309	24	矿物岩石	140
25	地质科技情报	0.303	25	地质通报	138
26	工程地质学报	0.298	26	岩石矿物学杂志	134
27	石油实验地质	0.287	27	成都理工学院学报	130
28	矿物岩石	0.262	28	干旱区地理	121
29	地理学与国土研究	0.259	29	工程地质学报	112
30	成都理工学院学报	0.251	30	地理学与国土研究	103
31	水文地质工程地质	0.225	31	热带地理	101
32	地质力学学报	0.208	32	沉积与特提斯地质	95
33	新疆地质	0.181	33	极地研究	83
34	沉积与特提斯地质	0.181	34	铀矿地质	80
35	铀矿地质	0.179	35	地质找矿论丛	67
36	地质通报	0.176	36	古地理学报	59
37	火山地质与矿产	0.175	37	西北地质	55
38	地质与勘探	0.155	38	地质力学学报	50
39	地质找矿论丛	0.102	39	华东地质学院学报	48
40	华东地质学院学报	0.093	40	火山地质与矿产	31