

# 西藏拉萨河流域中下游洪积扇植被的 物种组成与多样性特征

林红<sup>1,2</sup>, 焦菊英<sup>1,3</sup>, 陈同德<sup>1</sup>, 赵春敬<sup>1,4</sup>

(1.西北农林科技大学 水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室,

陕西 杨凌 712100; 2.西藏自治区山南市错那县自然资源局, 西藏 山南 856000;

3.中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4.黄河水利科学研究院, 郑州 450003)

**摘 要:**洪积扇作为拉萨河流域的重要地貌组成单元,具有独特的地理位置和气候条件,植被资源虽然相对比较丰富,但人为破坏较为严重,对该地貌植被进行调查研究,为洪积扇植物资源的开发利用和保护、植被的恢复和重建提供基础资料和参考依据。通过 Google Earth 选取了拉萨河流域中下游的 12 个典型洪积扇作为调查对象,依据主要土地利用类型将其划分为 A、B、C 共 3 类,其中 A 类以草地+耕地为主,B 类以灌草地为主,C 类以非耕地+建设用地为主,并于 2019 年 7 月 15 日至 8 月 4 日对洪积扇上植物种类、多度、高度、盖度等进行调查统计,分析其物种组成和物种多样性等植被数量特征。结果表明:(1) 12 个洪积扇样方中共有植物 82 种,隶属于 33 科 75 属,其中以菊科、禾本科、豆科、蔷薇科的属、种数较多,分别占总属数的 16.00%,14.67%,9.33%,6.67%,占总种数的 17.07%,13.41%,8.54%,7.32%;(2) A、B、C 这 3 类洪积扇上的植物在生活型分布上基本表现出地面芽>一年生>高位芽>地上芽>地下芽的特点,且与 12 个洪积扇上的植物整体分布趋势一致;(3) 通过计算群落物种的重要值,确定有草本群落 18 个、灌木群落 4 个、乔木群落 4 个、作物群落 3 个,其中以牛筋草群落、小叶锦鸡儿群落、垂柳群落、青稞群落在洪积扇中的分布最为普遍;(4) 通过分析不同类型洪积扇植被物种多样性特征,明确了 A 类洪积扇在物种种类的分布上相较于其他两类较为多样,而 B 类洪积扇在物种均匀程度和复杂稳定程度上最为突出,C 类洪积扇的优势种在生态优势地位方面最为显著。明确不同类型洪积扇植被的物种组成、优势种及多样性特征,有利于针对性地对不同类型洪积扇的植被进行保护和恢复。

**关键词:**土地利用;物种组成;优势物种;物种多样性;植被保护

中图分类号:Q948.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)05-0067-09

## Species Composition and Diversity of Vegetation of Diluvial Fan in the Lhasa River Basin of Tibet

LIN Hong<sup>1,2</sup>, JIAO Juying<sup>1,3</sup>, CHEN Tongde<sup>1</sup>, ZHAO Chunjing<sup>1,4</sup>

(1.State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Natural Resources

Department of Cuona County in Shannan City of Tibetan Autonomous Region, Shannan, Tibet 856000,

China; 3.Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4.Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** As an important geomorphic unit in the Lhasa River Basin, the alluvial fan has unique geographical location and climatic conditions. Although the vegetation resources are relatively rich, the man-made damage is serious. The investigation and study of the vegetation in this geomorphology can provide basic data and reference for the development, utilization and protection of the plant resources, the restoration and reconstruction of the vegetation of the alluvial fans. The 12 typical alluvial fans in the middle and lower reaches of Lhasa River Basin were selected as investigation sites through Google Earth. According to their main land use types, the fans were divided into three categories: A, B and C. From July 15 to August 4, 2019, the plant

收稿日期:2020-10-24

修回日期:2020-11-14

资助项目:中国科学院战略性先导科技专项“土壤侵蚀定量评价与分区防控对策”(XDA20040202);第二次青藏高原综合考察研究(2019QZKK060300)

第一作者:林红(1989—),女,山西省朔城区人,硕士研究生,研究方向为土壤侵蚀与植被关系。E-mail:lh2018051362@126.com

通信作者:焦菊英(1965—),女,陕西省宝鸡市人,研究员,博士生导师,主要从事流域侵蚀产沙、土壤侵蚀与植被关系及水土保持效益评价研究。E-mail:jyjiao@ms.iswc.ac.cn

species, abundance, height and coverage on the alluvial fans were investigated, and the quantitative characteristics of vegetation such as species composition and species diversity were analyzed. The results were as follows. (1) There were 82 species of plants belonging to 33 families and 75 genera in 12 alluvial fan plots, among which the genera and species of *Compositae*, *Gramineae*, *Leguminosae* and *Rosaceae* are rich, accounting for 16.00%, 14.67%, 9.33% and 6.67% of the total genera, and 17.07%, 13.41%, 8.54% and 7.32% of the total species respectively. (2) The life-form distribution of plants on three types of alluvial fans A, B and C basically show the order: by hemicryptophytas>annual buds>phanerophytes>chamaephytas>geophytes, which is consistent with the overall distribution trend of plants on 12 alluvial fans. (3) By calculating the important value of community species, 18 herbaceous communities, 4 shrub communities, 4 arbor communities and 3 crop communities are determined, among which the communities of *Eleusine indica*, *Caragana microphylla*, *Salix babylonica* and *Hordeum vulgare* most commonly distribute in alluvial fans. (4) By analyzing the species diversity characteristics of different types of alluvial fans, it can be seen that A type of alluvial fans were more diverse in species distribution than the other two types, while B type of alluvial fans were the most prominent in species uniformity and complexity and stability, and C type of alluvial fans were the most prominent in ecological superiority. Defining the species composition, dominant species and diversity characteristics of vegetation of different types of alluvial fans is conducive to the targeted protection and restoration of vegetation of different types of alluvial fans.

**Keywords:** land use; species composition; dominant specie; species diversity; vegetation protection

青藏高原素有“地球第三极”、“世界屋脊”的美誉,是我国甚至是亚洲的生态安全屏障区与水源涵养保持区<sup>[1]</sup>,具有独特的气候、地质和地理环境,孕育了别具特色、丰富多样的植物群落类型<sup>[2]</sup>。西藏地处青藏高原西南部,发育有众多河流,其中拉萨河就是位于西藏中南部较大的一条,主要以降水、融雪水、地下水为补给,是世界上海拔最高的河流之一<sup>[3]</sup>。拉萨河流域地形地貌多样、海拔落差明显、气候复杂,为该区域植物的多样化分布创造了有利的生境条件<sup>[4]</sup>,但由于高、寒、旱等特殊的生态环境特征,使得该流域生态系统敏感而脆弱,植被生境不佳。植被作为生态系统重要的组成要素,在西藏的地位尤为显著,是蓄水保土防止水土流失、吸收二氧化碳释放氧气、调节气候改善生存环境、丰富饲草优化产业结构等的基础和根本<sup>[5]</sup>。洪积扇是拉萨河流域的重要地貌组成单元,与其他地貌类型相比,植被资源相对丰富,在维持生态系统稳定性方面发挥着积极作用<sup>[6]</sup>。同时,洪积扇是当地人民重要的生活生产场所之一<sup>[7]</sup>,近年来随着当地经济和人口大幅度增长,人们对拉萨河流域洪积扇的开发利用也相应的活跃,扇面植被的人为破坏也无可避免的加剧<sup>[8]</sup>,为原本脆弱的生态系统增加了负担。因此,加大对拉萨河流域洪积扇植被的研究和保护力度迫在眉睫。

以往关于拉萨河流域植物的研究主要集中在区系分布、生产力、生物量等方面<sup>[9-11]</sup>,且局限于坡面或者县域等尺度范围<sup>[12-14]</sup>,而针对洪积扇植被的调查研

究鲜见报道。因此,本文通过对青藏高原拉萨河流域洪积扇进行植被调查,掌握其植被数量特征,以期洪积扇植物资源的开发利用和保护、植被的恢复和重建提供基础资料和参考依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区概况

拉萨河源于念青唐古拉山中段南麓,藏语称作“吉曲”,意为“幸福之河”,流经墨竹工卡县、达孜县、堆龙德庆区、曲水县等县区,平均海拔为 5 200 m,落差为 1 620 m,全长 551 km,面积为 32 471 km<sup>2</sup>,是雅鲁藏布江五大支流中最长、流域面积最大的一条河流,位于 29°20'—31°15'N, 90°05'—93°20'E,是西藏农业、牧业、工业、旅游业等比较集中的区域<sup>[15-16]</sup>。拉萨河流域属于典型的高原温带半干旱气候,日照时间长,昼夜温差大,年平均气温在 -1.9~8.7℃,由于受印度洋暖湿气流影响,降水主要集中在 6—9 月,年平均降水量为 400~681 mm<sup>[17]</sup>。植被主要以山地稀疏森林、山地灌丛草原、寒冷半湿润高山草甸、灌丛为主。土壤则以灌丛草原土为主,另外还有高山草甸土、荒漠土、寒漠土等,各类型土壤中均含有较多的石砾,透水性较好<sup>[18]</sup>。拉萨河流域中下游洪积扇发育广泛,海拔偏低,植被物种丰富。

### 1.2 样地选择

1.2.1 洪积扇的选择 综合考虑空间分布和土地利用,通过 Google Earth 选取了拉萨河流域中下游的

12 个典型洪积扇,主要分布于堆龙德庆、达孜、曲水、林周、墨竹工卡 5 县(区)范围内(图 1)。

由于土地利用类型的不同对植物类型有较大影响<sup>[19]</sup>,因此根据洪积扇主要土地利用类型,将 12 个典型洪积扇分为 A,B,C 共 3 类,其中 A 类包括塔杰村、科目巴日、若贡村等的 8 个洪积扇,土地利用类型主要为草地+耕地;B 类包括聂组、柳梧乡的 2 个洪积扇,土地利用类型主要为灌草地;C 类包括桑竹林村、聂当乡的 2 个洪积扇,土地利用类型主要为非耕地+建设用地(其中非耕地指的是草地、灌草地以及林地)(表 1)。

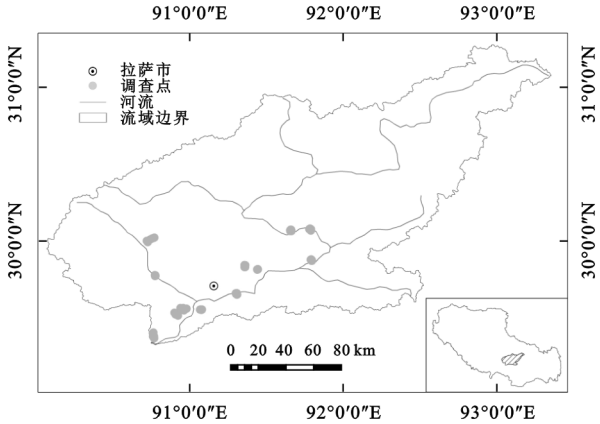


图 1 拉萨河流域及调查洪积扇的分布

表 1 调查洪积扇的基本情况

洪积扇	经纬度	海拔/m	面积/km <sup>2</sup>	洪积扇 所属类型	主要土地 利用类型	干扰因素
塔杰村	30°4′45″N,91°47′26″E	3923	1.57	A 类	草地+耕地	放牧和耕种
若贡村	30°4′14″N,91°39′53″E	3943	4.1	A 类	草地+耕地	耕种为主,放牧为辅
科目巴日	29°24′5″N,90°46′11″E	3803	3.56	A 类	草地+耕地	放牧为主,耕种为辅
平措林村	29°52′54″N,91°47′54″E	3703	0.36	A 类	草地+耕地	放牧和耕种
唐加乡	29°52′54″N,91°47′54″E	3916	1.38	A 类	草地+耕地	放牧和耕种
丘桑	29°59′55″N,90°43′52″E	4037	5.87	A 类	草地+耕地	放牧和耕种
达普西玛	29°50′27″N,91°21′53″E	3728	1.28	A 类	草地+耕地	放牧为主,耕种为辅
热堆村	29°31′22″N,90°55′4″E	3616	6.38	A 类	草地+耕地	放牧和耕种
聂组	29°46′40″N,90°46′47″E	3865	0.7	B 类	灌草地	放牧
柳梧乡	29°33′17″N,91°4′34″E	3743	1.43	B 类	灌草地	放牧
桑竹林村	29°39′31″N,91°18′31″E	3687	2.41	C 类	非耕地+建设用地	主要用以放牧,拉林公路从中穿过
聂当乡	29°33′56″N,90°57′48″E	3654	6.77	C 类	耕地+建设用地	建有占地约 75%的光伏电站,同时有放牧

1.2.2 样方布设及植被调查 于 2019 年 7 月 15 日至 8 月 4 日,对每个洪积扇从扇缘、扇中到扇根处均匀布设样方,其中,在 A 类洪积扇中,塔杰村洪积扇设有样方 7 个、若贡村洪积扇设有样方 7 个、科目巴日洪积扇设有样方 9 个、平措林村洪积扇设有样方 6 个、唐加乡洪积扇设有样方 6 个、邱桑洪积扇设有样方 8 个、达普西玛洪积扇设有样方 6 个、热堆村洪积扇设有样方 9 个;在 B 类洪积扇中,聂组洪积扇设有样方 12 个、柳梧乡洪积扇设有样方 12 个;在 C 类洪积扇中,桑竹林村洪积扇设有样方 11 个、聂当乡洪积扇设有样方 7 个。布设的样方大小为林地 10 m × 10 m、灌木 5 m × 5 m、草本与耕地 2 m × 2 m。记录样方总盖度以及样方内乔木、灌木和草本物种的名称、株数、盖度、高度、冠幅、胸径(仅乔木)。盖度由多人目测估计,乔木植株高度采用投影法进行估计,灌木和草本植株高度通过卷尺测量。

1.3 数据分析

1.3.1 物种组成 调查过程中现场识别并记录各植物种的名称,并对照《西藏植物志》确定其对应的科属。植物的生长型和生活型都是植物在长期适应某

一环境条件所形成的特有的外貌特征<sup>[20]</sup>,所以将植物生长型划分为乔木、灌木、草本 3 类,并根据丹麦学者 Raunkiaer 的分类系统<sup>[21]</sup>将植物生活型划分为高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物、一年生植物 5 大类群。

重要值是确定群落主要成分及区分不同群落的重要标准之一。其计算方法是将调查统计的样方中植物的盖度、多度及高度依照样方面积进行换算,计算各植物种的相对盖度、相对多度及相对高度,从而计算重要值,具体公式如下<sup>[22]</sup>:

乔木、灌木、草本重要值计算公式:

重要值=(相对盖度+相对多度+相对高度)/3

作物重要值计算公式:

重要值=(相对盖度+相对高度)/2

相对盖度为样方中某物种的盖度与样方中全部物种盖度之和的比值;相对多度为样方中某物种的个体数与样方中全部物种的个体总数的比值;相对高度为样方中某物种的平均高度与样方中全部物种平均高度之和的比值。

1.3.2 物种多样性 物种多样性是研究植物群落构造

的重要参数之一<sup>[23-24]</sup>。物种均匀度体现的是植物群落中各物种在数量上的分布情况,表现了各物种数量的接近程度<sup>[25]</sup>。选用 Margalef 指数、Pielou 指数、Shannon-Wiener 指数以及 Simpson 指数分别表示洪积扇植物群落的丰富度、均匀度、多样性及优势度<sup>[26-27]</sup>。

Margalef 指数:  $M_a = \frac{S-1}{\ln N}$  (1)

Pielou 指数:  $J_s = \frac{H}{\ln S}$  (2)

Shannon-Wiener 指数:  $H = -\sum (P_i \ln P_i)$  (3)

Simpson 指数:  $D = \sum P_i^2$  (4)

式中:  $P_i = N_i / N$ ,  $P_i$  为物种  $i$  的个体数与样方中全部物种的个体总数的比值;  $N_i$  为物种  $i$  的个体数;  $N$  为样方中全部物种的个体总数;  $S$  为样方中的物种总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 植被物种组成特征

2.1.1 植被物种科属组成 12 个洪积扇样方中的植物共有 82 种, 隶属于 33 科 75 属, 其中以菊科、禾本科、豆科、蔷薇科的属数和种数较多, 分别占总属数的 16.00%, 14.67%, 9.33%, 6.67%, 占总种数的 17.07%, 13.41%, 8.54%, 7.32% (表 2)。其中, A 类洪积扇中共有植物 69 种, 分属于 30 科 62 属, 分别占总科、属、种的 90.91%, 82.67%, 84.15%; B 类型洪积扇中的植物共 25 种, 分属于 14 科 24 属, 分别占总科、属、种的 42.42%, 32%, 30.49%; C 类洪积扇中共有植物 37 种, 分属于 17 科 35 属, 分别占总科、属、种的 51.52%, 46.67.00%, 45.12% (表 3), 可见在 A, B, C3 类洪积扇中, 植物科、属、种在数量分布上, 均表现为  $A > B > C$ 。其中, A, B, C3 类洪积扇有相同的植物 12 种, A 与 B 类洪积扇有共同植物 8 种, A 与 C 类洪积扇有共同植物 16 种, B 与 C 类洪积扇仅 1 种植物相同, 且 A, B, C 这 3 类洪积扇均有其各自的特有植物, 分别为 33 种、4 种、8 种, 说明绝大部分植物物种分布在 A 类洪积扇上 (表 4)。

2.1.2 植被物种生活型组成 12 个洪积扇上的植物在五大生活型类群中均有分布, 但各生活型在数量分布上差异比较明显, 其中地面芽植物、一年生植物、高位芽植物、地上芽植物、地下芽植物分别占植物总数的 43.90%, 23.17%, 19.51%, 10.98%, 2.44% (表 5), 明显表现出地面芽植物  $>$  一年生植物  $>$  高位芽植物  $>$  地上芽植物  $>$  地下芽植物的分布特点。同时, 将 A, B, C 这 3 类洪积扇上植物的生活型与 12 个洪积扇上全部植物的生活型进行对比, 几乎表现出同样的分布趋势, 即地面芽植物  $>$  一年生植物  $>$  高位芽植物

$>$  地上芽植物  $>$  地下芽植物。但是, 相同芽位的植物在不同类型洪积扇上的数量分布有所差异, 就地面芽植物而言, A 类洪积扇中分布最多, 约为 B 类洪积扇的 2.5 倍, 约为 C 类洪积扇的 2 倍, 表现出  $A > B > C$  的分布特点; 针对一年生植物来说, A 类洪积扇上分布最多, B 类洪积扇上次之、C 类洪积扇上分布最少, 表现为  $A > B > C$ ; 高位芽植物在 A, C 两类洪积扇上的分布相同, 且多于其在 C 类洪积扇上的分布, 即  $A = C > B$ ; 地上芽植物和地下芽植物则表现为 B, C 两类洪积扇的数量相同, 均少于其在 A 类洪积扇中的分布, 即  $A > B = C$ 。总之, 不同生活型类群的植物, 基本都表现为在 A 类洪积扇上的分布均属最多, 其次是 C 类, 最少的是 B 类。

表 2 调查植被的科、属、种组成

科	属		物种	
	属数	占总属数的比例/%	物种数	占总物种数的比例/%
菊科 Compositae	12	16.00	14	17.07
禾本科 Gramineae	11	14.67	11	13.41
豆科 Leguminosae	7	9.33	7	8.54
蔷薇科 Rosaceae	5	6.67	6	7.32
紫草科 Boraginaceae	5	6.67	5	6.10
十字花科 Cruciferae	5	6.67	5	6.10
莎草科 Cyperaceae	2	2.67	2	2.44
石竹科 Caryophyllaceae	2	2.67	2	2.44
杨柳科 Salicaceae	2	2.67	2	2.44
蓼科 Polygonaceae	1	1.33	3	3.66
唇形科 Labiatae	1	1.33	2	2.44
龙胆科 Gentianaceae	1	1.33	2	2.44
车前科 Plantaginaceae	1	1.33	1	1.22
百合科 Liliaceae	1	1.33	1	1.22
藜科 Chenopodiaceae	1	1.33	1	1.22
玄参科 Scrophulariaceae	1	1.33	1	1.22
毛茛科 Ranunculaceae	1	1.33	1	1.22
伞形科 Umbelliferae	1	1.33	1	1.22
爵床科 Acanthaceae	1	1.33	1	1.22
瑞香科 Thymelaeaceae	1	1.33	1	1.22
天南星科 Araceae	1	1.33	1	1.22
报春花科 Primulaceae	1	1.33	1	1.22
罂粟科 Papaveraceae	1	1.33	1	1.22
凤尾蕨科 Pteridaceae	1	1.33	1	1.22
白花丹 Plumbaginaceae	1	1.33	1	1.22
茜草科 Rubiaceae	1	1.33	1	1.22
小檗科 Berberidaceae	1	1.33	1	1.22
胡颓子科 Elaeagnaceae	1	1.33	1	1.22
松科 Pinaceae	1	1.33	1	1.22
柽柳科 Tamaricaceae	1	1.33	1	1.22
梧桐科 Sterculiaceae	1	1.33	1	1.22
榆科 Ulmaceae	1	1.33	1	1.22
马钱科 Loganiaceae	1	1.33	1	1.22



表 3 不同类型洪积扇植被科、属、种组成

洪积扇类型	科		属		种	
	科数	占总科数的比例/%	属数	占总属数的比例/%	物种数	占总物种数的比例/%
A 类洪积扇	30	90.91	62	82.67	69	84.15
B 类洪积扇	14	42.42	24	32	25	30.49
C 类洪积扇	17	51.52	35	46.67	37	45.12

表 4 不同类型洪积扇共有及特有植物物种组成

不同类型洪积扇	A,B,C	A,B	A,C	B,C	A	B	C
共有植物种数	12	8	16	1	—	—	—
特有植物种数	—	—	—	—	33	4	8

表 5 植物生活型谱

区域	项目	生活型谱				
		高位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	地下芽植物	一年生植物
12 个洪积扇	种数	16	9	36	2	19
	占比/%	19.51	10.98	43.90	2.44	23.17
A 类洪积扇	种数	11	8	34	2	14
	占比/%	13.41	9.76	41.46	2.44	17.07
B 类洪积扇	种数	3	4	13	0	5
	占比/%	3.66	4.88	15.83	0	6.10
C 类洪积扇	种数	11	4	18	0	4
	占比/%	13.41	4.88	21.95	0	4.88

2.1.3 植被物种生长型组成 按照生长型对 12 个洪积扇上的植物进行划分(表 6),乔木有 10 种,分属于 6 个科 10 个属,多为人工种植,主要分布于苗圃及农田、道路旁,在提高农牧民收入、护田护路、改善生态环境等方面起着积极作用。灌木有 9 种,分属于 9 个科 9 个属,均为自然生长。草本有 64 种,分属于 23 个科 58 个属,由两部分组成,一是非农作物草本有 60 种,隶属于 23 科 54 属,其中除苜蓿为人工种植且生长状况较差外,其他草本植物均为自然植被,是

牲畜饲草的主要来源;二是农作物草本有 4 种,隶属于 3 个科 4 个属,包括青稞、油菜、小麦、豌豆,田间没有明显的行距和株距,通常为混作撒播的耕作方式,多为油菜—豌豆、青稞—油菜混合播种。对比不同类型洪积扇上植被物种生长型的分布特点,可知在 A、B、C 这 3 类洪积扇上乔木、灌木、草本对应的物种数量分别表现为 C>A>B、A>B>C、A>C>B,作物只在 A 类洪积扇上有所分布。可见洪积扇土地利用类型的不同在一定程度上会影响植物生长型的分布。

表 6 不同生长型植物的科、属、种组成

生长型	12 个洪积扇			A 类洪积扇			B 类洪积扇			C 类洪积扇		
	科数	属数	种数	科数	属数	种数	科数	属数	种数	科数	属数	种数
乔木	6	10	10	5	5	6	0	0	0	5	9	9
灌木	9	9	9	8	8	8	5	5	5	4	4	4
草本	23	58	64	22	51	56	11	19	21	12	22	25

注:非木质化的铁杆蒿归于草本,木质化的铁杆蒿归于灌木,所以在草本和灌木物种统计的时候均包含有铁杆蒿。

2.2 优势物种分布特征

优势物种根据物种的重要值来确定,植物群落采用优势物种来命名。通过对拉萨河流域中下游 12 个典型洪积扇上各样方中植物的重要值进行计算,可知在 54 个草本样方中共有草本优势物种 18 种,分别为冰草、独行菜、狗尾草、黄耆、剪股颖、苦荞麦、苜蓿、牛筋草、披碱草、球序卷耳、鼠曲草、苔草、铁杆蒿(非木质化)、喜马拉雅米口袋、麦冬草、中华隐子草、早熟禾、猪毛蒿,其中牛筋草群落在草本群落中的占比最大为 50%(表 7);在 16 个灌木样方中共有灌木优势

物种 4 种,分别是薄皮木、小叶锦鸡儿、铁杆蒿(木质化)、小蓝雪花,其中小叶锦鸡儿群落在灌木群落中达到了 50%(表 8);在 8 个乔木样方中共有乔木优势物种 4 种,分别为梨树、垂柳、藏川杨、白榆,其中垂柳群落在乔木群落中最多(表 9);在 23 个作物样方中共有作物优势物种 3 种,分别是青稞、小麦、油菜,其中青稞群落在作物群落中出现的最多(表 10)。

在 A、B、C 这 3 类洪积扇中,草本优势物种分别有 13 种、4 种、6 种,其中只有牛筋草群落在 3 类洪积扇上均有分布,且在各类型洪积扇的草本群落中所占

比例最大;灌木优势物种分别为 2 种、4 种、1 种,其中小叶锦鸡儿在各类洪积扇上都有出现,但在 A,C 两类洪积扇中都比较少;乔木优势物种分别有 2 种、0 种、3 种,其中以垂柳群落分布最多;因作物只分布在 A 类洪积扇中,所以 B,C 两类洪积扇中未出现作物优势物种。

A 类洪积扇中,草本群落中的独行菜群落、麦冬草群落、苦荞麦群落只在邱桑洪积扇上有所分布,早熟禾群落、苜蓿群落、冰草群落仅在科目巴日洪积扇上出现,黄耆群落和狗尾草群落只分布在唐加乡洪积扇,喜马拉雅米口袋群落、剪股颖群落、中华隐子草群落分别分布在达普西玛洪积扇、塔杰村洪积扇、热堆

村洪积扇,铁杆蒿(非木质化)群落则在科目巴日洪积扇和热堆村洪积扇都有分布,牛筋草群落除了在科目巴日洪积扇、热堆村洪积扇、若贡乡洪积扇上没有分布外,在其他 5 个洪积扇上均有分布;灌木群落中的小叶锦鸡儿群落分布于科目巴日洪积扇和热堆村洪积扇,小蓝雪花群落只分布在科目巴日洪积扇;乔木群落中的藏川杨群落和白榆群落都分布在热堆村洪积扇;作物群落中的青稞群落除了在达普西玛洪积扇上没有分布外,其余 7 个洪积扇上都有分布,油菜群落除了在邱桑洪积扇、达普西玛洪积扇、科目巴日洪积扇没有分布外,其他 5 个洪积扇上都有分布,小麦群落只在平措林村洪积扇上有分布。

表 7 草本优势物种重要值

优势物种	12 个洪积扇		A 类洪积扇		B 类洪积扇		C 类洪积扇	
	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	1	3.70	1	6.67	—	—	—	—
独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	0.54	1.85	0.54	3.33	—	—	—	—
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.43	1.85	0.43	3.33	—	—	—	—
黄耆 <i>Astragalus membranaceus</i>	0.29~0.39	3.70	0.39	3.33	0.29	8.33	—	—
剪股颖 <i>Agrostis matsumurae</i>	0.31	1.85	0.31	3.33	—	—	—	—
苦荞麦 <i>Fagopyrum tataricum</i>	0.41	1.85	0.41	3.33	—	—	—	—
苜蓿 <i>Medicago Sativa</i>	1	1.85	1	3.33	—	—	—	—
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	0.37~0.76	50	0.37~0.76	50.00	0.39~0.76	75.00	0.41~0.76	27.27
披碱草 <i>Elymus dahuricus</i>	0.70~0.74	5.56	—	—	—	—	0.70~0.74	27.27
球序卷耳 <i>Ceratium glomeratum</i>	0.32	1.85	—	—	—	—	0.32	9.09
鼠曲草 <i>Gnaphalium affine</i>	0.33	1.85	—	—	0.33	8.33	—	—
苔草 <i>Carex app.</i>	0.24~0.39	3.70	—	—	0.39	8.33	0.24	9.0
铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i>	0.44~0.57	3.70	0.44~0.57	6.67	—	—	—	—
喜马拉雅米口袋 <i>Gueldenstaedtia duversifolia</i>	0.46	1.85	0.46	3.33	—	—	—	—
麦冬草 <i>Ophiopogon japonicus</i>	0.73	1.85	0.73	3.33	—	—	—	—
中华隐子草 <i>Cleistogenes chinensis</i>	0.47~0.84	7.41	0.84	3.33	—	—	0.47~0.63	18.18
早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	0.55~0.62	3.70	0.55~0.62	6.67	—	—	—	—
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.62	1.85	—	—	—	—	0.62	9.09

注:单个数字表示该优势物种对应的群落仅有一个,数值为一个变化范围的表示该优势物种对应的群落有多个。下同。

表 8 灌木优势物种重要值

优势物种	12 个洪积扇		A 类洪积扇		B 类洪积扇		C 类洪积扇	
	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%
薄皮木 <i>Leptodermis oblonga</i>	0.35~0.60	25.00	—	—	0.35~0.60	8.33	—	—
小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	0.54~1	50.00	0.40	66.67	0.54~0.68	41.67	1	100
铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i>	0.52~0.66	12.50	—	—	0.52~0.66	16.67	—	—
小蓝雪花 <i>Ceratostigma minus</i>	0.40~0.62	12.50	1	33.33	0.62	33.33	—	—

表 9 乔木优势物种重要值

优势物种	12 个洪积扇		A 类洪积扇		B 类洪积扇		C 类洪积扇	
	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%
梨树 <i>Pyrus sorotina</i>	0.55	12.5	—	—	—	—	0.55	16.67
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	1	50	—	—	—	—	1	66.67
藏川杨 <i>Populus szechuanica</i>	0.66~1	25	0.66	50	—	—	1	16.67
白榆 <i>Ulmus pumila</i>	1	12.5	1	50	—	—	—	—

表 10 作物优势物种重要值

优势物种	12 个洪积扇		A 类洪积扇		B 类洪积扇		C 类洪积扇	
	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%	重要值	占比/%
青稞 <i>Hordeum vulgare</i>	0.43~1	56.52	0.43~1	56.52	—	—	—	—
小麦 <i>Triticum aestivum</i>	1	4.35	1	4.35	—	—	—	—
油菜 <i>Brassica napus</i>	0.50~1	39.13	0.50~1	39.13	—	—	—	—

B 类洪积扇中,草本群落中的牛筋草群落在其包含的两个洪积扇中均有分布,而黄耆群落与鼠曲草群落只在柳梧乡洪积扇中有分布,苔草群落仅分布在聂组洪积扇;灌木群落中的小叶锦鸡儿群落与小蓝雪花群落分布在柳梧乡洪积扇,薄皮木群落和铁杆蒿(木质化)群落分布在聂组洪积扇。

C 类洪积扇中,草本群落中的牛筋草群落在其包含的两个洪积扇中都有分布,猪毛蒿群落、苔草群落、中华隐子草群落仅分布于聂当乡洪积扇,球序卷耳群落只分布于桑竹林村洪积扇;灌木群落中的小叶锦鸡儿群落仅出现在聂当乡洪积扇;乔木群落中的垂柳群落在桑竹林村洪积扇和聂当洪积扇上均有分布,藏川杨群落和梨树群落分别分布在聂当乡洪积扇和桑竹林村洪积扇。

2.3 物种多样性特征

在 A 类的 8 个洪积扇中,唐加乡洪积扇的 Margalef 指数值的最小值与其他洪积扇的最大值相比,在数值上非常接近,可见唐加乡洪积扇的物种数目在 A 类洪积扇中最多,相比而言,热堆村洪积扇的物种数量最少,其次为科目巴日洪积扇,其余的 5 个洪积扇  $M_a$  值相近,在物种数量上差异较小;Pielou 指数值  $J_s$  的最大值出现在邱桑洪积扇,最小值出现在平措林村洪积扇,而相对集中的则是塔杰村洪积扇和热堆村洪积扇,相比这两个洪积扇群落中的物种分布

较为均匀;综合对比各洪积扇的物种丰富程度,即通过比较 Shannon-Wiener 指数值  $H$  的大小,可以看出唐加乡洪积扇上的群落最为多样复杂,热堆村洪积扇的群落最为简单;优势度指数反映的是群落优势种的生态优势,可见热堆村洪积扇的优势种的优势地位最为突显,其与  $M_a$  呈现反相关系。在 B 类的 2 个洪积扇中,柳梧乡与聂组两个洪积扇在群落内物种均匀度和优势种突显方面比较接近,而在群落的物种数方面表现为柳梧乡洪积扇多于聂组洪积扇,在群落复杂性方面则表现为柳梧乡洪积扇较聂组洪积扇简单。在 C 类 2 个洪积扇中,聂当乡洪积扇在物种数量及分布上比桑竹林村洪积扇的多且分布均匀,而在群落复杂程度和物种优势度突显方面,桑竹林村则较为突出(表 11)。

通过分析 A,B,C 这 3 类洪积扇的 Margalef 指数,就物种种类分布上表现为  $A>B>C$ ,而在 Pielou 指数方面,虽然 A,B,C 这 3 类洪积扇的  $J_s$  最大值比较接近,可 B 类洪积扇相较于其他两类更加集中,群落内各物种在数量分布上更为均匀;在 Shannon-Wiener 指数方面, $H$  值的最大值虽然出现在 A 类洪积扇,但是其在群落中的跨度较大,差距比较明显,相比而言 B 类洪积扇的群落物种更加丰富更为稳定;而通过比较 A,B,C 这 3 类洪积扇的优势度指数,可知 C 类洪积扇的优势物种的优势地位更加显著。

表 11 洪积扇植物群落物种多样性

洪积扇类型	洪积扇	Margalef 指数 $M_a$	Pielou 指数 $J_s$	Shannon-Wiener 指数 $H$	优势度指数 $D$
A 类	平措林村	0.22~0.78	0.13~0.62	0.14~0.71	0.55~0.95
	邱桑	0.25~0.64	0.26~0.83	0.29~1.16	0.32~0.86
	达普西玛	0.30~0.89	0.43~1.00	0.60~1.37	0.30~0.68
	塔杰村	0.26~0.77	0.76~0.81	0.84~1.44	0.28~0.52
	科目巴日	0~0.71	0.43~0.71	0~0.98	0.43~1
	唐加乡	0.77~1.87	0.54~0.68	1.04~1.57	0.28~0.43
	热堆村	0~0.23	0.74~0.91	0~0.53	0.56~1
	A 类小计	0~1.87	0.13~1.00	0~1.57	0.28~1
B 类	柳梧乡	0.20~0.46	0.50~0.99	0.55~0.69	0.50~0.71
	聂组	0.41~0.62	0.50~0.89	0.55~1.06	0.38~0.71
	B 类小计	0.20~0.62	0.50~0.99	0.55~1.06	0.38~0.71
C 类	聂当乡	0~0.27	0.65	0~0.45	0.72~1
	桑竹林村	0~1.07	0.15~0.92	0~0.24	0.31~1
	C 类小计	0~1.07	0.15~0.92	0~0.45	0.31~1

### 3 讨论与结论

(1) 拉萨河流域中下游 12 个典型洪积扇上的植物共有 82 种,隶属于 33 个科 75 个属,且以菊科、禾本科、豆科、蔷薇科数量居多,其中还有 3 个科为 2 属 2 种,2 个科为 1 属 2 种,20 个科为 1 属 1 种,明显表现出科属种的不均匀性,主要体现在大多数植物种却分布在少数科内。本研究通过比较不同类型洪积扇植物的种类,明确了 A 类洪积扇的植物物种最多,B 类洪积扇的植物物种最少,即  $A > C > B$ ,究其原因是由于 A 类洪积扇的土地利用类型主要以草地和耕地为主,辅以较少的灌木和乔木群落,虽然存在一定的人为干扰因素,但是牧草地有围封休牧、换季轮牧等育草措施,使得草本物种在数量上得到了相应的保护,此外该类洪积扇的农田占有相当的比例,加之西藏对“三农”工作的重视,农田灌溉设施不断完善,比如水渠、水窖等,土壤湿度相对较大,为植物的生存、生长提供了有利的生境条件;B 类洪积扇为比较单一的灌草地,均为自然生长,主要用以放牧,且扇面上分布有较大的石块和较宽较深的沟道,导致洪积扇上适合植物生长的植根条件较少,故而该类洪积扇的植物物种较少;C 类洪积扇建设用地虽然占地面积较大,但是除了耕地外,其他包括草地、灌木地、乔木地在内的土地利用类型都有分布,且乔木地多为人工种植的苗圃,几乎全部为经济苗木,其下草本植物茂盛而种类繁多,为该类洪积扇植物的保存提供了条件。

(2) 拉萨河流域中下游 12 个典型洪积扇植物的生活型以地面芽植物为主,占整个植物种的 43.90%,地下芽植物最少,占比只有 2.44%,居于中间地位的高位芽植物、地上芽植物、一年生植物分别占 19.51%, 10.98%, 23.17%。由于拉萨河流域主要属于高原季风温带—寒温带半干旱气候区<sup>[1]</sup>,海拔梯度大,降水量少,夏季时间短,昼夜温差大,加之洪积扇土壤多为沙土,且有大量石块,保水性差透水性强,水分蒸发快,植物经历的寒冬期、干早期较长,是地面芽植物形成的适宜条件,同样,在本研究中植物的生活型亦反映出拉萨流域的气候特点。

(3) 拉萨河流中下游不同洪积扇的植物群落分布差异较为明显。在草本群落中,牛筋草群落分布最为广泛,在数量和分布范围上最大,12 个洪积扇中有 9 个洪积扇上均有该群落的分布,其中在 A 类 8 个洪积扇上出现的频率达到了 62.5%,铁杆蒿(非木质化)群落分布范围次之,出现在了 2 个洪积扇上,而麦冬草群落、苦荞麦群落、独行菜群落等则分别是某一洪积扇上特有的,说明不同的洪积扇为其特有的植物群落类型提供了适宜的生长环境,所以,相比而言更加突出了牛筋草在拉萨河流域的优势地位,可作为该流

域洪积扇草本植被恢复的备选物种。在灌木群落中,小叶锦鸡儿群落于 A, B, C 这 3 类洪积扇上都有分布,在 12 个洪积扇上出现的频率为 33.33%,而小蓝雪花群落、铁杆蒿群落、薄皮木群落在 12 个洪积扇中出现的频率分别为 16.67, 8.33%, 8.33%, 相比较小叶锦鸡儿更适宜在拉萨河流域中下游洪积扇上生长。乔木群落只在 A 和 C 两类洪积扇上有分布,其中垂柳群落在数量上远大于藏川杨群落、梨树群落和白榆群落,虽然均为人工栽种,但能体现出垂柳对拉萨河流域的环境适应性相对较强,成活率相比较较大,为洪积扇乔木植被的建植提供了物种选择性;作物虽然只在 A 类洪积扇上所有分布,但所占比例较大,其中青稞尤为突出,可见青稞更加适宜在当地生长,也是当地人民主要的粮食产出。

(4) 拉沙河流域中下游 12 个洪积扇群落的 Margalef 指数值  $M_a$ , Shannon-Wiener 指数值  $H$ , Pielou 指数值  $J_s$ , Simpson 指数值  $D$  变化范围分别为 0~1.87, 0~1.57, 0.12~1.00, 0.28~1。赵津仪等<sup>[28]</sup>在西藏佩枯错地区植物物种多样性调查中的  $M_a$  值,  $H$  值,  $J_s$  值分别为 0.69~1.78, 1.29~2.45, 0.71~0.93, 本研究与之相比,各指标存均在一定的差异,其中 Shannon-Wiener 指数差异最为明显,在数值上相对偏小。许玉凤等<sup>[29]</sup>对赤峰地区植物物种多样性调查中的  $M_a$  值,  $H$ ,  $J_s$  值分别为 1.66~7.28, 1.49~2.76, 0.60~0.74, 本研究与之相比,各指标的数值差距更为突出,且 Margalef 指数值、Shannon-Wiener 指数值尤为偏低,造成这一现象的原因可能是由于拉萨流域洪积扇有着特殊的地质地貌、生态环境及气候条件,对植物的选择比较苛刻,致使植物的适应性、存活率、生长状况、繁殖能力都相对艰难,从而影响了该区域的物种多样性。同时,除了物种本身对环境的适应性外还包括人类活动的干扰,其中过度放牧、传统耕作、采砂采石、工程施工等对植被多样性的影响也比较大。

#### 参考文献:

- [1] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等.青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J].地理学报,2012,67(1):3-12.
- [2] 包小婷,丁陆彬,姚帅臣,等.拉萨流域植物群落的数量分类与排序[J].生态学报,2019,39(3):779-786.
- [3] 侯磊,任德智,周尧治.西藏拉萨河流域草地土壤有机质分布与生态系统健康评价研究[J].黑龙江畜牧兽医,2019(18):104-109.
- [4] 许敏.西藏拉萨河流域维管束植物资源调查及评价[D].拉萨:西藏大学,2015.
- [5] 陈斌,李海东,曹学章.西藏高原典型生态系统退化及植被恢复技术综述[J].世界林业研究,2014,27(5):18-23.
- [6] 万小松,普确吉,李瑞雪,等.林周县白朗沼泽湿地植物群落结构与植物物种多样性[J].西藏科技,2019,311



- (2):62-68.
- [7] 陈同德,焦菊英,王颢霖,等.青藏高原土壤侵蚀研究进展[J].土壤学报,2020,57(3):547-564.
- [8] 陈同德,焦菊英,林红,等.扇形地的类型辨析及区分方法探讨[J].水土保持通报,2020,40(4):190-198.
- [9] Li W H. An overview of ecological research conducted on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Journal of Resources and Ecology, 2017,8(1):1-4.
- [10] 罗黎鸣,苗彦军,武建双,等.拉萨河谷山地灌丛草地物种多样性随海拔升高的变化特征[J].草业学报,2014,23(6):320-326.
- [11] 罗黎鸣,武建双,余成群,等.拉萨河谷山地灌丛草地植物多样性监测方法的比较研究[J].草业学报,2016,25(3):22-31.
- [12] 明升平,钟杨,许敏,等.拉萨根培乌孜山阴阳坡维管束植物区系组成及特征比较[J].高原科学研究,2018,2(1):61-72.
- [13] 汪书丽,罗建.西藏色季拉山蕨类植物资源特征[J].西北植物学报,2018,38(8):1534-1541.
- [14] 拦继酒,费文群,罗建,等.西藏色季拉山药用种子植物区系研究[J].广西植物,2018,38(4):411-419.
- [15] 庞有智,拉多,张燕杰,等.西藏拉萨河流域中下游不同植被类型表土花粉组合特征与年均降水量关系的研究[J].微体古生物学报,2017,34(2):160-169.
- [16] 关志华,陈传友,区裕雄,等.西藏河流与湖泊[M].北京:科学出版社,1984.
- [17] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏地貌[M].北京:科学出版社,1983.
- [18] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏植被[M].北京:科学出版社,1988.
- [19] 隆春艳.不同土地利用类型下调落物分解过程及其微生物学特征[D].武汉:中国科学院大学(中国科学院武汉植物园),2020.
- [20] 李建东,杨允菲.松嫩平原羊草草甸植物的生态及分布区型结构分析[J].草业学报,2002,11(4):10-20.
- [21] Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography[M]. New York: Oxford University Press, 1932.
- [22] 司建华,冯起,常宗强,等.阿拉善雅布赖风沙区荒漠植物群落结构和物种多样性研究[J].西北植物学报,2011,31(3):602-608.
- [23] 孙志勇,季孔庶.植物多样性研究进展[J].林业科技开发,2012,26(4):5-9.
- [24] 李雪,周兴文.沈阳北陵公园植物多样性研究[J].辽宁林业科技,2013(5):24-27.
- [25] 毛齐正,马克明,邬建国,等.城市生物多样性分布格局研究进展[J].生态学报,2013,33(4):1051-1064.
- [26] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社,2004.
- [27] 马克平.生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(上)[J].生物多样性,1994,2(3):162-168.
- [28] 赵津仪,屈兴乐,薛会英,等.西藏佩枯错植物群落分类及物种多样性研究[J].草地学报,2019,27(4):969-976.
- [29] 许玉凤,王鹤,吕林有,等.赤峰草原主要分布区物种组成及多样性[J].湖北农业科学,2017,56(11):2031-2036.

~~~~~  
(上接第 66 页)

- [17] 张瑞,苟晓敏,赵玉珍,等.东北黑土区土壤侵蚀对土壤持水性的影响[J].水土保持学报,2015,29(1):62-65.
- [18] Li H, Hou J, Liu X M, et al. Combined determination of specific surface area and surface charge properties of charged particles from a single experiment[J]. Soil Science Society of America Journal, 2011,75(6):2128-2135.
- [19] Liu X M, Li H, Du W, et al. Hofmeister effects on cation exchange equilibrium: Quantification of ion exchange selectivity[J]. the Journal of Physical Chemistry C, 2013,117(12):6245-6251.
- [20] Xu C Y, Li H, Hu F N, et al. Non-classical polarization of cations increases the stability of clay aggregates: specific ion effects on the stability of aggregates [J]. European Journal of Soil Science, 2015,66(3):615-623.
- [21] 杨志花,胡斐南,刘婧芳,等.土壤表面电场对黄土母质发育土壤水分入渗特性的影响及模拟[J].土壤学报,2019,56(6):1359-1369.
- [22] 包维斌,白一茹,赵云鹏,等.生物炭添加对宁夏中部旱区土壤水分入渗及持水性的影响[J].土壤通报,2018,49(6):1326-1332.
- [23] 黄昌勇,徐建明.土壤学[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.
- [24] Mao L L, Li Y Z, Hao W P, et al. An approximate point source method for soil infiltration process measurement[J]. Geoderma, 2016,264(10):10-16.
- [25] 马任甜,胡斐南,刘婧芳,等.黄土高原植被恢复过程中土壤表面电化性质的演变特征[J].土壤学报,2020,57(2):392-402.
- [26] 袁晶晶,同延安,卢绍辉,等.生物炭与氮肥配施改善土壤团聚体结构提高红枣产量[J].农业工程学报,2018,34(3):159-165.
- [27] 尚应妮,胡斐南,赵世伟,等.不同胶结物质对黄绵土团聚体形成的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):204-208,239.
- [28] 吴军虎,邵凡凡,刘侠.蚯蚓粪对土壤团聚体组成和入渗过程水分运移的影响[J].水土保持学报,2019,33(3):81-87.
- [29] 张俐,余冬立,傅瑜,等.入渗水水质对土壤导水特性影响的试验研究[J].水土保持学报,2017,31(4):64-68,80.