

额尔齐斯河支流哈巴河河谷林植物多样性特征

刘小龙^{1,①}, 张子东^{2,3,①}, 薛志方^{2,3}, 曾誓杰^{2,3}, 刘彤^{2,3,②}

(1. 中国地质调查局乌鲁木齐自然资源综合调查中心, 新疆 乌鲁木齐 830057; 2. 石河子大学生命科学学院, 新疆 石河子 832003;
3. 绿洲城镇与山盆系统生态兵团重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要: 对额尔齐斯河支流哈巴河河谷林植物物种组成、多样性特征进行调查,并基于龄级结构评价了乔木物种的生存现状。结果表明:哈巴河河谷林共有维管植物 30 科 70 属 86 种,包括蕨类植物 1 科 1 属 4 种,被子植物 29 科 69 属 82 种。其中,国家二级重点保护野生植物 2 种,濒危种 1 种,渐危种 1 种,新疆特有种 5 种;菊科(Asteraceae)属数和种数均最多,为第 1 大科,其次是豆科(Fabaceae)和杨柳科(Salicaceae)。乔木优势种为垂枝桦(*Betula pendula* Roth.),灌木优势种为疏花蔷薇(*Rosa laxa* Retz.),草本优势种为草地早熟禾(*Poa pratensis* Linn.)。草本的 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数总体大于灌木和乔木;草本的 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数在海拔 389~435 m 间总体随海拔升高而升高,在海拔 435~585 m 间总体随海拔升高而降低。垂枝桦的幼苗(I 级,胸径(DBH)≤5.0 cm)、幼树(II 级,5.0 cm<DBH≤10.0 cm)和小树(III 级,10.0 cm<DBH≤15.0 cm)数量远少于壮树(IV 级至 VI 级,15.0 cm<DBH≤30.0 cm)和老树(VII 级至 X 级,DBH>30.0 cm);苦杨(*Populus laurifolia* Ledeb.)和银白杨(*Populus alba* Linn.)的幼苗数量虽然较多,但各径级分布不均匀且壮树和老树较少;白柳(*Salix alba* Linn.)、黑杨(*Populus nigra* Linn.)、额河杨[*Populus × berolinensis* var. *irtyschensis* (C. Y. Yang) C. Shang]、银灰杨[*Populus canescens* (Ait.) Smith.]和柔毛杨(*Populus pilosa* Rehd.)数量较少且各径级分布不均匀。总体上看,哈巴河河谷林植物资源丰富,草本物种丰富度最高,且分布相对均匀,对稳定哈巴河河谷林植物多样性有重要作用。哈巴河河谷林各乔木种群均存在一定程度的衰退风险,可从调整河流量和放牧等方面加强哈巴河河谷林区域的生态保护,尤其是包含较多珍稀物种和新疆特有种的杨柳科。

关键词: 哈巴河河谷林; 物种组成; 植物多样性; 分布特征; 龄级结构

中图分类号: Q948.15; S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2024)03-0089-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2024.03.09

Plant diversity characteristics of forests in Haba River Valley, a tributary of Irtysh River LIU Xiaolong^{1,①}, ZHANG Zidong^{2,3,①}, XUE Zhifang^{2,3}, ZENG Shijie^{2,3}, LIU Tong^{2,3,②} (1. Urumqi Comprehensive Survey Center on Natural Resources, China Geological Survey, Urumqi 830057, China; 2. College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 3. Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Oasis Town and Mountain Basin System Ecology, Shihezi 832003, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2024, 33(3): 89-96

Abstract: The species composition and diversity characteristics of plants in forests of Haba River Valley, a tributary of Irtysh River were investigated, and the survival status of arbor species was evaluated based on age class structure. The results show that there are a total of 86 species of vascular plants belonging to 70 genera of 30 families in forests of Haba River Valley, containing 4 species of pteridophytes belonging

收稿日期: 2023-08-18

基金项目: 第三次新疆综合科学考察项目(2021xjkk0603)

作者简介: 刘小龙(1985—),男,湖北武汉人,硕士,高级工程师,主要从事干旱区生物多样性保护等方面的研究。

张子东(2001—),男,江西上饶人,硕士研究生,主要从事干旱区生物多样性保护等方面的研究。

① 共同第一作者

② 通信作者 E-mail: 46900459@qq.com

引用格式: 刘小龙, 张子东, 薛志方, 等. 额尔齐斯河支流哈巴河河谷林植物多样性特征[J]. 植物资源与环境学报, 2024, 33(3): 89-96.

to 1 genus of 1 family and 82 species of angiosperms belonging to 69 genera of 29 families. In which, there are 2 species of national second-class key protected wild plants, 1 endangered species, 1 vulnerable species, and 5 endemic species in Xinjiang; the Asteraceae has the largest numbers of genera and species, ranking as the first largest family, followed by Fabaceae and Salicaceae. The dominant species of arbors is *Betula pendula* Roth., that of shrubs is *Rosa laxa* Retz., and that of herbs is *Poa pratensis* Linn. The Margalef richness index, Shannon-Wiener index, Simpson index, and Pielou evenness index of herbs are generally higher than those of shrubs and arbors; the Margalef richness index, Shannon-Wiener index, Simpson index, and Pielou evenness index of the herbs generally increase with the increase of elevation within the elevation of 389–435 m, but generally decrease with the increase of elevation within the elevation of 435–585 m. The numbers of *B. pendula* seedlings [grade I, diameter at breast height (DBH) ≤ 5.0 cm], saplings (grade II, $5.0 \text{ cm} < \text{DBH} \leq 10.0$ cm), and small trees (grade III, $10.0 \text{ cm} < \text{DBH} \leq 15.0$ cm) are far fewer than those of mature trees (grade IV to grade VI, $15.0 \text{ cm} < \text{DBH} \leq 30.0$ cm) and old trees (grade VII to grade X, $\text{DBH} > 30.0$ cm); although the numbers of seedlings of *Populus laurifolia* Ledeb. and *Populus alba* Linn. are relatively large, but the distribution of each diameter class is uneven, and there are fewer mature and old trees; the numbers of *Salix alba* Linn., *Populus nigra* Linn., *Populus × berolinensis* var. *jrtyshensis* (C. Y. Yang) C. Shang, *Populus canescens* (Ait.) Smith., and *Populus pilosa* Rehd. are relatively small, and the distribution of each diameter class is uneven. Overall, the plant resources of forests of Haba River Valley are abundant, the herbs have the highest species richness and a relatively uniform distribution, which play an important role in stabilizing the plant diversity of forests of Haba River Valley. There is a certain degree of decline risk in each arbor population in forests of Haba River Valley, and the ecological protection of forests of Haba River Valley can be strengthened through adjusting the river water amount and grazing, etc., especially for Salicaceae that contains a relatively large number of rare species and endemic species in Xinjiang.

Key words: forest of Haba River Valley; species composition; plant diversity; distribution characteristic; age class structure

额尔齐斯河流域是天然河谷林集中分布区,孕育了四大杨树派系,植物资源珍贵^[1-5]。近年来,随着人类活动的频繁,放牧、山口水库建设、水利工程建设等对河谷林生存、种群更新和群落结构产生了严重影响^[6-7]。因此,了解额尔齐斯河流域的河谷林植物多样性现状对提出科学合理的保护措施具有重要意义。

哈巴河是额尔齐斯河的第2大支流,不仅拥有大量的杨柳科(Salicaceae)珍稀物种资源,还拥有许多珍贵的桦木科(Betulaceae)资源^[8],是河谷林的主要分布区^[9]。目前研究主要集中于额尔齐斯河干流,因哈巴河等支流林木茂密、交通不便、蚊虫叮咬等问题,现有研究大多仅选择了哈巴河的个别区域。例如:陈晓亚等^[10]通过1985年和1986年的科学调查,提出阿尔泰山地区山前平原河谷林以杨属(*Populus* Linn.)树种为主,并将该河谷林划分为8个群系和16个群丛组;安树青等^[11]研究了平原河谷林区系组成、地理成份、生活型谱及环境特征;刘平等^[12]根据2002年的初步调查及文献检索统计,总结出额尔齐斯河流域主要有高等植物450余种,隶属于67科235属,其中,木本植物37种;张和钰等^[13]调查研究了额尔齐斯河流域典型地区的灌木群落多样性。

植物多样性资源保护需要根据不同地域资源和退化特点采取不同的措施,因而对额尔齐斯河不同支流的调查研究非常必要。本研究借助第三次新疆综合科学考察项目契机,对额尔齐斯河重要支流哈巴河河谷林的植物多样性进行了全面调查,研究了河谷林植物多样性特征及空间分布特点,分析了河谷林主要乔木物种以及其他珍稀乔木物种或新疆特有种的龄级结构,并对这些物种的生存状况进行评价,以期为哈巴河地区乃至整个额尔齐斯河流域的生物多样性保护提供参考。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

哈巴河发源于阿尔泰山,位于中国西北角,地处阿尔泰山南部和准噶尔盆地北缘,地理坐标为东经 $85^{\circ}33' \sim 87^{\circ}18'$ 、北纬 $47^{\circ}37' \sim 49^{\circ}07'$,全长约216.3 km,流域面积7 224 km²,是额尔齐斯河支流中仅次于布尔津河的第2大支流。该流域是河谷林的主要分布区,属北温带大陆性寒冷气候,局部气候具有明显的垂直地带性变化特征;降水量少且蒸发量大,年

降水量仅 205.6 mm;日照充足,年日照时数 2 837.1 h;夏短炎热,冬长寒冷,年平均气温 5.3 °C,全年温差较大,无霜期 144 d。

1.2 研究方法

1.2.1 样地和样方设置 在哈巴河平原区河谷林(简称哈巴河河谷林),根据河谷的宽度、床面比降,以及乔木、灌木和草本随河谷林梯度的变化(海拔由高至低),在海拔 385~585 m 区域采用分层取样法^[14],从哈巴河河流出口的上游起,至下游与额尔齐斯河干流交汇处,沿途每隔 6 km 左右设置 1 个面积 200 m×200 m 的样地,一共设置 8 个样地,即海拔 389、395、418、435、468、497、557、580 m 处。

参考方精云等^[15]的方法,综合考虑河谷林植物分布情况,在各样地内设置 4 个面积 30 m×30 m 的乔木样方,其中,在一个乔木退化十分严重的样地内多设置 1 个乔木样方;在乔木样方内采用五点取样法分别设置 5 个面积 1 m×1 m 的草本样方,同时在乔木样方内对角线两端设置 2 个面积 10 m×10 m 的灌木样方。设置乔木样方 33 个,灌木样方 66 个,草本样方 165 个。

1.2.2 调查方法 使用手持 GARMIN 631csx GPS 仪(中国台湾国际航电股份有限公司)记录各样地、样方的坐标和海拔,记录样方内各物种的种名和数量,参考《新疆植物志》、《中国生物多样性红色名录——高等植物卷(2020)》和《新疆珍稀濒危特有高等植物》以及 2021 年颁布的《国家重点保护野生植物名录》进行物种鉴定,并利用植物智平台(<http://www.iplant.cn>)确认物种的种名和生活型。使用 Turpules200 激光测距仪(美国 Laser Technology 公司)测定乔木和灌木的树高,使用胸径尺(精度 0.1 cm)测量乔木的胸径和灌木的基径,使用皮卷尺(精度 0.1 cm)测量乔木和灌木的冠幅,使用钢卷尺(精度 0.1 cm)测量草本的高度、冠幅和盖度。

1.3 数据处理和分析

参考文献[16-17]中的方法,采用 α 多样性指数分析哈巴河河谷林群落的植物多样性,包括 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数。

基于龄级结构,对哈巴河河谷林主要乔木(重要值大于 2%)垂枝桦(*Betula pendula* Roth.)、苦杨(*Populus laurifolia* Ledeb.)、白柳(*Salix alba* Linn.)、银白杨(*Populus alba* Linn.)、黑杨(*Populus nigra*

Linn.)和额河杨[*Populus × berolinensis* var. *jrtyschensis* (C. Y. Yang) C. Shang]以及杨柳科珍稀乔木银灰杨[*Populus canescens* (Ait.) Smith.]和柔毛杨(*Populus pilosa* Rehd.)^[13-15]的更新情况进行分析。根据样地的实际情况及上述物种的生长情况,同时参考文献[18-23]中的方法对胸径进行分级,采用径级代替龄级的方法,依据胸径(DBH)划分出 10 个等级:Ⅰ级(DBH≤5.0 cm)、Ⅱ级(5.0 cm<DBH≤10.0 cm)、Ⅲ级(10.0 cm<DBH≤15.0 cm)、Ⅳ级(15.0 cm<DBH≤20.0 cm)、Ⅴ级(20.0 cm<DBH≤25.0 cm)、Ⅵ级(25.0 cm<DBH≤30.0 cm)、Ⅶ级(30.0 cm<DBH≤35.0 cm)、Ⅷ级(35.0 cm<DBH≤40.0 cm)、Ⅸ级(40.0 cm<DBH≤45.0 cm)和Ⅹ级(DBH>45.0 cm);并将 10 个等级分为 5 个龄级:Ⅰ级为幼苗,Ⅱ级为幼树,Ⅲ级为小树,Ⅳ级至Ⅵ级为壮树,Ⅶ级至Ⅹ级为老树,其中,Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ级合称幼龄。

2 结果和分析

2.1 哈巴河河谷林植物组成分析

调查结果显示:哈巴河河谷林共有维管植物 86 种,隶属于 30 科 70 属,包括蕨类植物 1 科 1 属 4 种,被子植物 29 科 69 属 82 种。国家二级重点保护野生植物 2 种,即额河杨和甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.),同时额河杨和甘草也是新疆特有种;此外,银白杨、银灰杨和土木香(*Inula helenium* Linn.)为新疆特有种。濒危种 1 种,为柔毛杨;渐危种 1 种,为白柳。

对上述 86 种植物的科、属、种组成进行统计和分析。结果(表 1)显示:属数和种数最多的均为菊科(Asteraceae),有 12 属 14 种;豆科(Fabaceae)属数和种数均位居第 2,有 7 属 9 种;杨柳科种数位居第 3,有 8 种,但仅有 2 属。种数大于或等于 5 的还有唇形科(Lamiaceae)、禾本科(Poaceae)和蔷薇科(Rosaceae),其余科的种数均小于 5,且大多科仅有 1 种。

哈巴河河谷林有乔木、灌木和草本 3 种生活型,各生活型主要种的频度和重要值见表 2。结果显示:乔木有 3 科 4 属 9 种,分别为垂枝桦、苦杨、白柳、银白杨、黑杨、额河杨、银灰杨、柔毛杨和阿尔泰山楂[*Crataegus altaica* (Loud.) Lange],其中,重要值大于 2.0%的有 6 种,分别为垂枝桦、苦杨、白柳、银白杨、

表1 额尔齐斯河支流哈巴河河谷林植物的科、属、种组成¹⁾

Table 1 Family, genus and species composition of plants in forests of Haba River Valley, a tributary of the Irtysh River¹⁾

科 Family	n_g	$P_g/\%$	n_s	$P_s/\%$	科 Family	n_g	$P_g/\%$	n_s	$P_s/\%$
菊科 Asteraceae	12	17.2	14	16.2	忍冬科 Caprifoliaceae	1	1.4	1	1.2
豆科 Fabaceae	7	10.0	9	10.4	五福花科 Adoxaceae	1	1.4	1	1.2
杨柳科 Salicaceae	2	2.9	8	9.3	石竹科 Caryophyllaceae	1	1.4	1	1.2
唇形科 Lamiaceae	7	10.0	7	8.0	报春花科 Primulaceae	1	1.4	1	1.2
禾本科 Poaceae	6	8.7	7	8.0	旋花科 Convolvulaceae	1	1.4	1	1.2
蔷薇科 Rosaceae	5	7.2	5	5.8	列当科 Orobanchaceae	1	1.4	1	1.2
木贼科 Equisetaceae	1	1.4	4	4.6	蓼科 Polygonaceae	1	1.4	1	1.2
莎草科 Cyperaceae	3	4.3	3	3.5	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1	1.4	1	1.2
紫草科 Boraginaceae	2	2.9	3	3.5	藜芦科 Melanthiaceae	1	1.4	1	1.2
伞形科 Apiaceae	2	2.9	2	2.3	亚麻科 Linaceae	1	1.4	1	1.2
车前科 Plantaginaceae	2	2.9	2	2.3	马齿苋科 Portulacaceae	1	1.4	1	1.2
大麻科 Cannabaceae	2	2.9	2	2.3	麻黄科 Ephedraceae	1	1.4	1	1.2
苋科 Amaranthaceae	2	2.9	2	2.3	檀香科 Santalaceae	1	1.4	1	1.2
毛茛科 Ranunculaceae	1	1.4	2	2.3	灯芯草科 Juncaceae	1	1.4	1	1.2
桦木科 Betulaceae	1	1.4	1	1.2	千屈菜科 Lythraceae	1	1.4	1	1.2

¹⁾ n_g : 属数 Genus number; P_g : 属数占比 Proportion of genus number; n_s : 种数 Species number; P_s : 种数占比 Proportion of species number.

表2 额尔齐斯河支流哈巴河河谷林主要乔木、灌木和草本的频度(F)和重要值(IV)

Table 2 The frequency (F) and important value (IV) of major arbor, shrub and herb in forests of Haba River Valley, a tributary of the Irtysh River

主要种 Major species	F	IV/%	主要种 Major species	F	IV/%	主要种 Major species	F	IV/%
乔木 Arbor			油柴柳 <i>Salix caspica</i>	0.1	11.8	老鹳草 <i>Geranium wilfordii</i>	0.5	2.8
垂枝桦 <i>Betula pendula</i>	0.8	50.2	欧洲荚蒾 <i>Viburnum opulus</i>	0.1	7.2	白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	0.3	2.6
苦杨 <i>Populus laurifolia</i>	0.5	20.7	新疆忍冬 <i>Lonicera tatarica</i>	0.1	5.3	土木香 <i>Inula helenium</i>	0.2	2.5
白柳 <i>Salix alba</i>	0.4	12.0	草本 Herb			乳苣 <i>Lactuca tatarica</i>	0.5	2.3
银白杨 <i>Populus alba</i>	0.2	6.6	草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	0.5	13.0	藜 <i>Chenopodium album</i>	0.3	2.2
黑杨 <i>Populus nigra</i>	0.2	5.6	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	0.5	7.2	车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.3	2.1
额河杨 <i>Populus × berolinensis</i> var. <i>jrtyshensis</i>	0.1	2.7	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.8	5.2	野苜蓿 <i>Medicago falcata</i>	0.3	2.1
灌木 Shrub			林地早熟禾 <i>Poa nemoralis</i>	0.4	3.2			
疏花蔷薇 <i>Rosa laxa</i>	0.4	37.4	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0.4	2.8			

黑杨和额河杨。银灰杨、柔毛杨和额河杨主要集中在哈巴河上游区域;白柳主要集中在哈巴河下游区域;银白杨和黑杨呈间断分布;垂枝桦和苦杨在哈巴河上、中、下游区域均有一定分布,且在中、下游区域密度较高;阿尔泰山楂主要分布在哈巴河上、下游区域。

灌木种类较少,仅4科4属4种,分别为疏花蔷薇(*Rosa laxa* Retz.)、油柴柳(*Salix caspica* Pall.)、欧洲荚蒾(*Viburnum opulus* Linn.)和新疆忍冬(*Lonicera tatarica* Linn.),重要值均大于2.0%。疏花蔷薇分布较广,其余3种灌木分布均较为零散。表明哈巴河河谷林灌木群落结构简单、物种相对稀少、分布不均匀。

草本种类丰富,共26科63属73种,其中,重要值大于2.0%的有12种,分别为草地早熟禾(*Poa*

pratensis Linn.)、苦豆子(*Sophora alopecuroides* Linn.)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.)、林地早熟禾(*Poa nemoralis* Linn.)、马唐[*Digitaria sanguinalis* (Linn.) Scop.]、老鹳草(*Geranium wilfordii* Maxim.)、白车轴草(*Trifolium repens* Linn.)、土木香、乳苣[*Lactuca tatarica* (Linn.) C. A. Mey.]、藜(*Chenopodium album* Linn.)、车前(*Plantago asiatica* Linn.)和野苜蓿(*Medicago falcata* Linn.)。

从频度(表2)看,频度与重要值总体为正相关。乔木中,垂枝桦频度和重要值均最大,苦杨次之,说明乔木中垂枝桦为优势种(重要值最大)且分布最广,苦杨为伴生种。灌木中,疏花蔷薇频度和重要值均最大,说明灌木中疏花蔷薇为优势种且分布最广。草本中,蒲公英频度最高,但草地早熟禾重要值最大,说明

草本中草地早熟禾为优势种,但蒲公英分布最广;此外,苦豆子频度仅次于蒲公英,重要值也仅次于草地早熟禾,说明苦豆子为草地早熟禾的伴生种。

2.2 植物多样性沿海拔梯度的变化

哈巴河河谷林植物多样性沿海拔梯度的变化见表 3。结果显示:总体上看,乔木和草本分布较灌木广,灌木主要分布于海拔 395~468 m 区域,在海拔 389、497 和 580 m 处仅存在乔木和草本。草本的 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数总体上明显大于乔木和灌木。乔木和灌木的 4 个指数随海拔升高波动均较大,其中,乔木的 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数均在海拔 557 m 处最大;草本中, Margalef 丰富度指数、

Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数均在海拔 435 m 处最大,且这 4 个指数在海拔 389~435 m 间总体随海拔升高而升高,在海拔 435~585 m 间总体随海拔升高而降低。

2.3 哈巴河河谷林乔木径级结构分析

银灰杨为新疆特有种,柔毛杨为濒危种。因此,除了垂枝桦、苦杨、白柳、银白杨、黑杨和额河杨 6 种主要乔木外,也对这 2 种乔木的径级结构进行分析。结果(表 4)显示:哈巴河河谷林 8 个调查样地所有样方中上述 8 种乔木共有 2 051 株。垂枝桦、苦杨和银白杨各径级均有分布。其中,垂枝桦的幼苗〔I 级,胸径(DBH)≤5.0 cm〕、幼树(II 级,5.0 cm<DBH≤10.0 cm)和小树(III 级,10.0 cm<DBH≤15.0 cm)数量虽然达到 121 株,但相对于壮树(IV 级至 VI 级,15.0

表 3 额尔齐斯河支流哈巴河河谷林植物多样性沿海拔梯度的变化¹⁾

Table 3 Change in plant diversity along the elevation gradient in forests of Haba River Valley, a tributary of the Irtysh River¹⁾

海拔/m Altitude	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index			Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index			Simpson 指数 Simpson index			Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index		
	乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herb	乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herb	乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herb	乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herb
	580	0.488	—	0.672	0.490	—	1.304	0.276	—	0.659	0.509	—
557	0.990	0.366	1.301	1.160	0.213	2.029	0.601	0.099	0.847	0.821	0.528	0.957
497	0.158	—	1.575	0.088	—	2.174	0.041	—	0.853	0.627	—	0.922
468	0.320	0.000	1.959	0.351	0.000	2.373	0.192	0.000	0.887	0.774	1.000	0.933
435	0.076	0.229	2.649	0.040	0.237	2.761	0.018	0.126	0.931	0.807	0.584	0.966
418	0.622	0.057	1.719	0.717	0.017	2.363	0.371	0.006	0.886	0.578	0.775	0.933
395	0.478	0.167	1.833	0.516	0.281	2.419	0.304	0.188	0.897	0.537	0.906	0.955
389	0.149	—	1.232	0.037	—	1.972	0.013	—	0.817	0.538	—	0.891

¹⁾ —: 无分布 No distribution.

表 4 额尔齐斯河支流哈巴河河谷林乔木径级结构分析¹⁾

Table 4 Analysis on arbor diameter class structure in forests of Haba River Valley, a tributary of the Irtysh River¹⁾

径级 Diameter class	株数 Individual number								
	Bp	Pl	Sa	Pa	Pn	Pb	Pc	Pp	
I (DBH≤5.0 cm)	53	611	0	452	0	0	0	0	0
II (5.00 cm<DBH≤10.0 cm)	28	1	1	2	1	0	0	0	0
III (10.0 cm<DBH≤15.0 cm)	40	1	1	1	0	0	0	0	0
IV (15.0 cm<DBH≤20.0 cm)	63	12	2	1	0	0	0	0	1
V (20.0 cm<DBH≤25.0 cm)	105	23	4	1	0	0	2	0	0
VI (25.0 cm<DBH≤30.0 cm)	124	41	8	2	4	3	2	0	0
VII (30.0 cm<DBH≤35.0 cm)	104	21	10	1	3	4	0	0	0
VIII (35.0 cm<DBH≤40.0 cm)	80	16	7	1	9	2	1	0	0
IX (40.0 cm<DBH≤45.0 cm)	44	18	11	1	9	2	1	0	0
X (DBH>45.0 cm)	43	17	19	22	11	4	0	0	0
总计 Total	684	761	63	484	37	15	6	1	

¹⁾ Bp: 垂枝桦 *Betula pendula* Roth.; Pl: 苦杨 *Populus laurifolia* Ledeb.; Sa: 白柳 *Salix alba* Linn.; Pa: 银白杨 *Populus alba* Linn.; Pn: 黑杨 *Populus nigra* Linn.; Pb: 额河杨 *Populus × berolinensis* var. *irtyschensis* (C. Y. Yang) C. Shang; Pc: 银灰杨 *Populus canescens* (Ait.) Smith.; Pp: 柔毛杨 *Populus pilosa* Rehd. DBH: 胸径 Diameter at breast height.

cm<DBH≤30.0 cm)和老树(Ⅶ级至Ⅹ级, DBH>30.0 cm)的数量(563株),幼龄(幼苗、幼树、小树)数量明显较少,种群更新在一定程度上受阻,种群更新能力较低。苦杨(611株)和银白杨(452株)的幼苗数量虽然较多,占比分别为80.3%和93.4%,但各径级分布不均匀,苦杨几乎无幼树和小树,且壮树和老树占比也较低;除幼苗外,银白杨几乎只有老树,且占比较低。白柳、黑杨、额河杨、银灰杨和柔毛杨数量较少且各径级分布不均匀,其中,白柳缺乏幼苗,其余4种缺乏径级较多,黑杨仅有老树、壮树、幼树,额河杨和银灰杨仅有老树和壮树,柔毛杨仅有壮树。可见,这5种缺失幼龄或幼龄数量少于壮树和老树的种群处于更新减少的阶段,为明显的衰退型。

3 讨论和结论

河谷林是水域和陆地生态系统之间的生态过渡区,有着独特的生态作用与服务功能,是重要的世界植被类型之一,与河岸林具有一定的相似性,但却有其独特的地理形成条件^[24]。作为干旱区的特殊植被类型之一,哈巴河河谷林不仅维管植物资源丰富,而且珍稀濒危物种多样,有很高的生态保护和研究价值^[25]。已有研究结果^[26]显示:新疆野生维管植物中种数最多的前5个科分别为菊科(600种)、豆科(465种)、禾本科(423种)、十字花科(Brassicaceae)(215种)和毛茛科(Ranunculaceae)(181种)。本研究中,哈巴河河谷林86种维管植物中种数最多的前5个科分别为菊科(14种)、豆科(9种)、杨柳科(8种)、唇形科(7种)和禾本科(7种)。其中,菊科、豆科和禾本科与已有结论有重叠,哈巴河河谷林的菊科种数占新疆菊科总种数的2.3%,哈巴河河谷林的豆科种数占新疆豆科总种数的1.9%,哈巴河河谷林的禾本科种数占新疆豆科总种数的1.6%;哈巴河河谷林中银白杨、额河杨和银灰杨为新疆特有种,柔毛杨为濒危种,白柳为渐危种,苦杨和黑杨为该区域主要乔木,但杨柳科在新疆野生维管植物总种数排名中未进前10^[26],在哈巴河河谷林种数排名中却位居第3,说明哈巴河河谷林杨柳科植物资源珍贵,应进一步加强保护。

周彦宏等^[27]通过¹⁴C和孢粉的研究发现,在距今660~210年期间,桦木属(*Betula* Linn.)植物为哈巴河区域内森林的优势种。本研究通过调查发现哈巴

河河谷林乔木优势种是垂枝桦,说明即使过去几百年,桦木属植物(垂枝桦)在哈巴河河谷林仍占有一定的优势地位。此外,本研究还进一步定量了该优势种的分布特征,即垂枝桦在哈巴河上、中、下游区域均有一定分布,且在中、下游区域密度较高。已有研究结果表明:苦豆子是一种非常抗旱的植物^[28],而本研究发现哈巴河河谷林草本植物中苦豆子的重要值和频度均位居第2,为优势种草地早熟禾的伴生种,表明该群落植物有向旱生型群落转化的趋势,这种现象值得警惕。实地调查发现,从研究区域的小生境看,河谷林与河流距离较近,土壤中水分较为充足,但由于人类活动的影响使苦豆子等旱生植物优势度增加,哈巴河河谷林有荒漠化的趋势;加之苦豆子等植物的化感作用可能对其他植物的生长有一定的抑制作用^[29-30],对生境造成一定的破坏。但具体有哪些草本植物受到苦豆子的影响,以及如何影响,还有待进一步研究。

哈巴河河谷林草本植物的Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener指数、Simpson指数大于灌木和乔木,说明该区域草本植物多样性最高、物种最丰富,是哈巴河河谷林植物多样性的最大贡献者。不同生活型植物的Pielou均匀度指数总体上也表现为草本大于灌木和乔木,说明草本不仅物种丰富度高,且分布相对均匀,对稳定哈巴河河谷林植物多样性有重要作用。哈巴河河谷林海拔在385~585 m之间,整体变化较小,草本的Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener指数和Simpson指数在海拔389~435 m间总体随海拔升高而升高,在海拔435~585 m间总体随海拔升高而降低。推测可能是因为海拔435 m以下的区域位于哈巴河下游,人类活动频繁,海拔越低草本群落受到的干扰相对越大^[31],因而呈现物种丰富度指数随海拔升高而升高的趋势^[32];而在海拔435 m以上草本的丰富度指数随海拔升高而降低,可能是较高海拔下气温较低所致^[33],具体原因有待进一步研究。凌玲等^[34]对河岸带植被群落物种组成及多样性分布特征进行了研究,发现植物群落丰富度应从下游至上游呈逐渐升高的趋势。本研究中,哈巴河中、下游区域草本的物种丰富度总体高于上游区域,与上述研究结果不同。推测这可能与洪水漫灌期间中、下游河水流速减慢导致泥沙层变厚,以及洪水过后支叉与低洼地段的停留储水有关^[35],相对来说这种条件更有利于草本植物种子定居、生长。

从乔木的龄级结构看,虽然优势种垂枝桦的重要值大,分布频度高,但其幼苗(I级,胸径(DBH)≤5.0 cm)、幼树(II级,5.0 cm<DBH≤10.0 cm)和小树(III级,10.0 cm<DBH≤15.0 cm)的数量远少于壮树(IV级至VI级,15.0 cm<DBH≤30.0 cm)和老树(VII级至X级,DBH>30.0 cm),种群龄级结构为明显衰退型^[36],面临种群衰退的风险^[37]。即便是幼苗数量较多的苦杨和银白杨,其各径级分布也不均匀,且壮树和老树较少,加之幼苗的死亡率通常高于其他龄级,所处时期较为关键和敏感,易受人为干扰导致更新受阻^[38],这些幼苗若不能顺利存活并长成壮树,种群也将面临衰退的风险。额河杨、银灰杨和柔毛杨则已经处于缺乏幼龄(幼苗、幼树、小树)的情况,种群面临的衰退风险更大。白柳虽有少量的幼龄,但数量明显少于壮树和老树,种群龄级结构也为衰退型。可见,哈巴河河谷林各乔木种群均存在一定程度的衰退危机。已有研究结果表明:人类活动干扰是造成哈巴河河谷林群落衰退的主要原因^[39],不论是草场放牧,还是机械刈割,均在一定程度上影响了乔木幼苗的生长及种群的更新^[40]。因此,应采取科学措施,从调整哈巴河河谷林的放牧等方面加强该区域的生态保护。

综上所述,哈巴河河谷林植物组成较为丰富,乔木、灌木和草本均有一定分布,优势种分别为垂枝桦、疏花蔷薇和草地早熟禾;杨柳科为该区域第3大科,植物资源珍贵,包含较多珍稀物种和新疆特有种。草本物种丰富度最高,且分布相对均匀,是哈巴河河谷林植物多样性的最大贡献者。哈巴河河谷林各乔木种群均存在一定程度的衰退风险,可从调整河流水量和放牧等方面加强该区域的生态保护。

参考文献:

- [1] 赵丹宁. 额尔齐斯河——杨树种质资源的宝库[J]. 新疆林业, 1983(1): 36-38.
- [2] 郑书星, 张建国, 何彩云, 等. 新疆额尔齐斯河流域白杨派植物居群遗传多样性分析[J]. 林业科学研究, 2015, 28(2): 222-229.
- [3] 郑书星, 张建国, 何彩云, 等. 新疆额尔齐斯河流域苦杨与欧洲黑杨遗传多样性分析[J]. 林业科学研究, 2014, 27(3): 295-301.
- [4] 郑书星, 张建国, 段爱国, 等. 额尔齐斯河流域银白杨克隆结构及多样性研究[J]. 林业科学研究, 2013, 26(4): 426-432.
- [5] 刘召强, 刘艺平, 冯理明, 等. 额尔齐斯河流域垂枝桦林群落结构特征与物种多样性相关分析[J]. 西北植物学报, 2020, 40(3): 532-542.
- [6] 黄锡欢, 刘萍. 新疆额尔齐斯河流域河谷林资源承载力的研究[J]. 西南林学院学报, 2005, 25(3): 41-44.
- [7] 刘岩. 新疆阿勒泰哈巴河县湿地保护和恢复工程[J]. 湿地科学与管理, 2022, 18(2): 47-50.
- [8] 柳生辉, 赵群智. 新疆哈巴河天然林保护工程建设思考[J]. 防护林科技, 2013(5): 70-71.
- [9] 刘平, 王健. 新疆额尔齐斯河河谷林经营现状及保护对策[J]. 林业资源管理, 2002(1): 35-37.
- [10] 陈晓亚, 阎顺. 新疆阿尔泰山前平原河谷林植被类型[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 66-72.
- [11] 安树青, 陈晓亚. 新疆阿尔泰山前平原河谷林的区系及环境特征[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1992, 28(2): 268-276.
- [12] 刘平, 王健. 额尔齐斯河流域河谷林可持续发展的问题与对策[J]. 新疆环境保护, 2004, 26(增刊): 139-142.
- [13] 张和钰, 周华荣, 叶琴, 等. 新疆额尔齐斯河流域典型地区灌木群落多样性[J]. 生态学杂志, 2016, 35(5): 1188-1196.
- [14] LIU Z C, LIU T, YU H, et al. Efficient sampling of plant diversity in arid deserts using non-parametric estimators[J]. Biodiversity and Conservation, 2017, 26: 1225-1242.
- [15] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 等. 植物群落清查的主要内容和规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- [16] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168.
- [17] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [18] 张金峰, 葛树森, 梁金花, 等. 长白山阔叶红松林红松种群年龄结构与数量动态特征[J]. 植物生态学报, 2022, 46(6): 667-677.
- [19] 缪绅裕, 曾庆昌, 陈志明, 等. 南岭大东山长柄双花木群落物种组成与种群结构特征分析[J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(1): 51-57.
- [20] 李毅, 王志泰. 东祁连山山生柳种群年龄结构及其动态分析[J]. 草业科学, 2002, 19(3): 12-16.
- [21] 罗敏贤, 林碧华, 陈绪辉, 等. 福建龟山伞花木所在群落乔灌木层优势种的种间联结性[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(6): 63-72.
- [22] 李辛雷, 孙振元, 李纪元, 等. 濒危植物杜鹃红山茶种群结构和动态变化[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(2): 17-23.
- [23] 胡尔查, 王晓江, 张文军, 等. 乌拉山自然保护区白桦种群的年龄结构和点格局分析[J]. 生态学报, 2013, 33(9): 2867-2876.
- [24] BELYANIN P S, BELYANINA N I, GREBENNIKOVA T A. The development of the natural environment in the valley of the Knevichanka River in the Middle and Late Holocene (Southern Sikhote-Alin)[J]. Geography and Natural Resources, 2021, 42: 71-79.
- [25] 曹秋梅, 尹林克, 王蕾, 等. 新疆阿尔泰山两河源自然保护区珍稀濒危保护植物分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(9): 137-142.
- [26] 陈慧妹, 李文军, 邱娟, 等. 新疆野生维管植物名录[J]. 生物多样性, 2023, 31(9): 23124.
- [27] 周彦宏, 张芸, 孔昭宸, 等. 新疆哈巴河桦木属湿地 3600 年以来的植被变化和人类活动[J]. 生态学报, 2023, 43(3): 1156-1164.

- [28] HUANG X, CHU G M, WANG J, et al. Integrated metabolomic and transcriptomic analysis of specialized metabolites and isoflavonoid biosynthesis in *Sophora alopecuroides* L. under different degrees of drought stress[J]. *Industrial Crops and Products*, 2023, 197: 116595.
- [29] LEI L J, ZHAO Y, SHI K, et al. Phytotoxic activity of alkaloids in the desert plant *Sophora alopecuroides*[J]. *Toxins*, 2021, 13: 706.
- [30] 石国庆, 隋晓青, 杨静, 等. 苦豆子根、茎、叶浸提液对4种牧草种子萌发的化感作用[J]. *草地学报*, 2022, 30(8): 2223-2230.
- [31] 徐鹏彬, 邓建明, 赵长明. 甘肃尕斯湖湿地不同海拔草地群落组分及物种多样性研究[J]. *草业学报*, 2012, 21(2): 219-226.
- [32] 李雯, 乔璐, 李满哈, 等. 人类活动干扰下云南油杉群落物种组成及多样性研究[J]. *林业调查规划*, 2023, 48(5): 56-60.
- [33] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. *生态学杂志*, 2001, 20(4): 55-60.
- [34] 凌玲, 闫淑君, 关永鑫, 等. 河岸带植被群落物种组成及多样性分布特征[J]. *世界林业研究*, 2023, 36(5): 27-33.
- [35] 成克武, 臧润国, 周晓芳, 等. 洪水对额尔齐斯河河岸天然林植被的影响研究[J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(2): 46-51.
- [36] 赵伟, 金慧, 李江楠, 等. 长白山北坡天然次生杨桦林群落演替状态[J]. *东北林业大学学报*, 2010, 38(12): 1-3.
- [37] 管岳, 王妍欣, 褚佳瑶, 等. 新疆野扁桃种群年龄结构及动态分析[J]. *植物生态学报*, 2023, 47(7): 967-977.
- [38] 季新良, 周红敏, 彭辉, 等. 凤阳山常绿阔叶林中2种杜鹃种群结构与动态变化[J]. *东北林业大学学报*, 2022, 50(10): 27-31.
- [39] 罗江呼. 额尔齐斯河流域开发对河谷生态的影响及保护[J]. *新疆环境保护*, 1992, 14(2): 1-8.
- [40] 李照祥. 对缓解河谷林中林牧矛盾的思考[J]. *新疆林业*, 1990(5): 14.

(责任编辑: 郭严冬)

(上接第88页 Continued from page 88)

- [26] 岳新丽, 湛润生, 牛雅玉, 等. NaCl胁迫对黄花菜种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *中国农学通报*, 2023, 39(16): 35-40.
- [27] 许耀照, 曾秀存, 王振朝, 等. NaCl胁迫对冬油菜种子萌发和生理特性的影响[J]. *浙江农业学报*, 2023, 35(3): 499-508.
- [28] 韩德复, 周艳辉, 张丽辉, 等. Na₂CO₃和NaHCO₃混合胁迫对益母草种子萌发的影响[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(3): 222-223.
- [29] 刘淑丽, 张瑞, HUSSAIN S. 等. 外源物质对水稻盐胁迫缓解效应研究进展[J]. *中国水稻科学*, 2023, 37(1): 1-15.
- [30] YANG E, MENG J, HU H, et al. Effects of organic molecules from biochar-extracted liquor on the growth of rice seedlings[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2019, 170: 338-345.
- [31] 常竣泊, 马哲宇, 丁忠杰, 等. 植物种子铁储存、运输和再利用分子机制的研究进展[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2021, 47(4): 473-480.
- [32] 南雄雄, 杨柳, 李文慧, 等. 缺素条件下枸杞植株生长及营养元素吸收利用交互效应[J]. *中国土壤与肥料*, 2023(11): 202-212.
- [33] 乌英嘎, 张贵龙, 赖欣, 等. 生物炭施用对华北潮土土壤细菌多样性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2014, 33(5): 965-971.
- [34] 伍国强, 于祖隆, 魏明. PGPR调控植物响应逆境胁迫的作用机制[J]. *草业学报*, 2024, 33(6): 203-218.
- [35] 苏晓丽, 舒欣, 王晓耘, 等. 外源褪黑素对NaCl胁迫下老芒麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *草业科学*, 2023, 40(10): 2595-2606.
- [36] ZHAO X, TIAN L, ZHU Z, et al. Growth and physiological responses of Magnoliaceae to NaCl stress[J]. *Plants*, 2024; 13(2): 170.
- [37] 高柱, 陈璐, 毛积鹏, 等. 硝酸镧对脐橙叶片抗氧化酶活性的影响[J]. *中国果树*, 2022(10): 13-18.
- [38] 樊瑞苹, 周琴, 周波, 等. 盐胁迫对高羊茅生长及抗氧化系统的影响[J]. *草业学报*, 2012, 21(1): 112-117.

(责任编辑: 张明霞)