北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

塔里木河流域野生植物资源的县域分布格局及其影响因素

纪旭 胡舒萍 张芙宁 吴明玥 刘娜 贾昕

County-level distribution patterns and influencing factors of wild plant resources in the Tarim River Basin of northwestern China

Ji Xu, Hu Shuping, Zhang Funing, Wu Mingyue, Liu Na, Jia Xin

引用本文:
纪旭, 胡舒萍, 张芙宁, 吴明玥, 刘娜, 贾昕. 塔里木河流域野生植物资源的县域分布格局及其影响因素[J]. 北京林业大学学报, 2025, 47(7):92–101. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250106
Ji Xu, Hu Shuping, Zhang Funing, Wu Mingyue, Liu Na, Jia Xin. County–level distribution patterns and influencing factors of wild plant resources in the Tarim River Basin of northwestern China[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(7):92–101. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250106

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20250106

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

塔里木河流域珍稀、特有植物组成特征及保护优先区识别

Taxonomical characteristics of rare and endemic plant species and identification of their protection priority area in the Tarim River Watershed, Xinjiang of western China

北京林业大学学报, 2025, 47(6): 19–29. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240442

天津市湿地入侵植物现状和分布格局

Current status and distribution patterns of invasive plants in wetlands of Tianjin City, northern China

北京林业大学学报, 2025, 47(5): 131–141. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240320

基于MCR模型的围场县小滦河流域生态安全格局识别

Identification of ecological security pattern of Xiaoluanhe River Basin in Weichang County, Hebei Province of northern China based on MCR model

北京林业大学学报, 2024, 46(5): 26–36. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230026

浙江舟山群岛彩化植物资源调查及其园林应用评价

Investigation of colorful plant resources and their landscape application evaluation of Zhoushan Archipelago in Zhejiang Province of eastern China

北京林业大学学报, 2022, 44(9): 127–136. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210284

黄河流域国家级自然保护区生态系统服务功能评估

Evaluation of ecosystem service function of national nature reserves of the Yellow River Basin

北京林业大学学报, 2024, 46(7): 90–100. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230047

黄河流域生态系统服务价值时空异质性及驱动因素分析

Spatiotemporal heterogeneity and driving factors of ecosystem service value in the Yellow River Basin

北京林业大学学报, 2024, 46(6): 70–81. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230226

DOI:10.12171/j.1000−1522.20250106

塔里木河流域野生植物资源的县域分布格局及其影响因素

纪 旭[1] 胡舒萍[1] 张芙宁[1] 吴明玥[1] 刘 娜[1] 贾 昕[1,2,3]
（1. 北京林业大学水土保持学院，北京 100083；2. 宁夏盐池毛乌素沙地生态系统国家定位观测研究站，北京 100083；
3. 北京林业大学林木资源高效生产全国重点实验室，北京 100083）

摘要:【目的】野生植物资源是对人类具有直接或间接作用的植物集合，具有重要的保护和利用价值。塔里木河流域蕴藏着丰富而特殊的野生植物资源，但其分布格局及其与环境因子和社会经济因子的关系仍不明确，本研究旨在揭示该流域野生植物资源的分布规律及其影响因素。**【方法】**整理塔里木河流域药用、纤维、果品和观赏 4 类野生植物资源的相关资料，构建《塔里木河流域野生植物资源名录》，据此分析其科、属、种的组成和分布规律，并通过回归分析及层次分割分析，探讨植物分布与气候、土壤和社会经济因子之间的关系。**【结果】**(1)流域内共记录野生植物 312 种，药用植物居多，达 280 种，另外还分布着 19 种果品植物、27 种观赏植物和 14 种纤维植物。(2)整体来看，野生植物资源主要集中在流域的西部和北部地区，且随年均温度的升高，其种数呈减少趋势。(3)药用植物集中于流域西南部、北部和东部边缘地区，种数随年均气温升高而减少，随着人口数量的增大而增大。(4)果品植物多集中于流域西部和中部，观赏植物在流域西北部分布较多，纤维植物主要分布于东部。**【结论】**塔里木河流域不同类别植物资源的丰富度具有显著的区域性差异，年均温和人口数量对野生植物资源的分布影响显著。研究结果为区域生态保护与野生植物资源的合理开发提供了因地制宜的参考策略。

关键词：野生植物资源；塔里木河流域；分布格局；药用植物；县域分布
中图分类号：S759；Q948 **文献标志码：**A **文章编号：**1000−1522(2025)07−0092−10
引文格式：纪旭，胡舒萍，张芙宁，等. 塔里木河流域野生植物资源的县域分布格局及其影响因素［J］. 北京林业大学学报，2025，47(7)：92−101. Ji Xu, Hu Shuping, Zhang Funing, et al. County-level distribution patterns and influencing factors of wild plant resources in the Tarim River Basin of northwestern China［J］. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(7): 92−101.

County-level distribution patterns and influencing factors of wild plant resources in the Tarim River Basin of northwestern China

Ji Xu[1] Hu Shuping[1] Zhang Funing[1] Wu Mingyue[1] Liu Na[1] Jia Xin[1,2,3]
(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Yanchi Ecological Research Station of the Mu Us Desert, Beijing 100083, China;
3. State Key Laboratory of Efficient Production of Forest Resources, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: [**Objective**] Wild plant resources, which directly or indirectly benefit humanity, are of significant ecological and economic value. The Tarim River Basin of northwestern China is home to a rich and unique array of wild plant resources, yet research on their distribution patterns and the relationship between these resources and environmental as well as socio-economic factors remains insufficient. This study aims to reveal the distribution patterns of these resources and their driving factors within the basin.

收稿日期: 2025−03−24 **修回日期:** 2025−05−07
基金项目: 第三次新疆综合科学考察项目 (2022xjkk0201)。
第一作者: 纪旭。主要研究方向：生物多样性、植物功能性状。Email：continue@bjfu.edu.cn 地址：100083 北京市海淀区清华东路 35 号北京林业大学水土保持学院。
责任作者: 贾昕，教授。主要研究方向：干旱半干旱区生态系统碳水循环。Email：xinjia@bjfu.edu.cn 地址：同上。
本刊网址: http://j.bjfu.edu.cn；http://journal.bjfu.edu.cn

［**Method**］Relevant data on four categories of wild plant resources in the Tarim River Basin, medicinal, fiber, fruit, and ornamental plants were compiled to create a list of wild plants in the Tarim River Basin. Based on this list, the composition and distribution patterns of plant families, genera, and species were analyzed. Regression and hierarchical partitioning analyses were performed to explore the relationship between plant distribution and climate, soil, and socio-economic factors. ［**Result**］(1) A total of 312 wild plant species were recorded, with medicinal plants comprising the majority (280 species). Additionally, there were 19 species of fruit plants, 27 species of ornamental plants, and 14 species of fiber plants. (2) The distribution of total species was concentrated in the western and northern regions of the basin, with species numbers decreasing as the average annual temperature increased. (3) Medicinal plants were concentrated in the southwest, northern, and eastern edge regions of the basin, with their numbers decreasing as the average annual temperature rose but increasing with population density. (4) Fruit plants were concentrated in the western and central regions, ornamental plants were primarily distributed in the northwest, and fiber plants were mainly found in the eastern region. ［**Conclusion**］The richness of different categories of wild plants exhibits significant regional variation. The average annual temperature and population density significantly influence the distribution of wild plant resources in the basin. These findings provide localized reference strategies for regional ecological conservation and the sustainable development of wild plant resources.

Key words: wild plant resources; Tarim River Basin; distribution pattern; medicinal plants; county-level distribution

野生植物资源是指在一定时间、空间、人文背景和经济技术条件下，对人类具有直接或间接作用的野生植物的总和[1]。根据野生植物资源用途的不同，野生植物资源可以分为药用植物、纤维植物、野果植物、观赏植物等[2]。尽管全球已知的高等植物种类接近 30 万种，但现代人类专门栽培的植物仅上千种，对野生植物资源的利用仅为 1% ~ 2%[3]。我国已知具有重要利用价值的野生植物达到 2 400 多种，但已开发的仅占 5%，绝大多数野生植物尚处于未开发或待开发状态[4]。近年来，国家提出的“大食物观”强调从多元化的资源角度出发，推动野生植物资源的开发和利用，以解决当前农业资源短缺的问题。因此，为了满足人类生产和生活的需求，进一步开发和合理利用野生植物资源显得尤为重要，这与其种类、分布格局及其影响因素密切相关。

野生植物资源丰富度的分布格局受到多种环境因子[5]和社会经济因子[6−7]的共同影响。其中，年均温度升高和年均降水量减少可能导致野生植物丰富度减少[8−9]，适宜的土壤养分含量、酸碱度和湿度则可能增加物种丰富度[10]。低海拔地区温暖的气候条件有利于维持物种的丰富度，而高海拔地区气候寒冷导致物种丰富度较低[11]。此外，人口增长和农业扩张等人类活动可能导致物种丰富度减少[12]，但也有研究表明物种丰富度可能随着人类活动的频繁而增加[13]。在野生植物资源中，不同经济类别的植物可能呈现出不同的分布特征。研究[14−15]表明，野生药用植物的分布主要受温度和降水的影响，通常在温暖湿润的气候和肥沃土壤中，物种数通常较多[16]。但过度采集可能导致物种数减少[17−18]。野生观赏植物的分布受降水和人类活动的影响更大，随着降水量的增加和城市化的推进，丰富度显著增加[19]。果品植物的分布可能受温度影响较大，在气温适宜的区间丰富度较大[20]。

塔里木河流域是我国西北植物资源区的典型代表，该流域拥有丰富的野生植物资源，包括药用植物[21]、纤维植物以及果品植物[22]。例如，西昆仑山地区的药用植物大多数仍处于未开发状态[23]。石磊岭等[24]调查了和田地区东部 3 个县域的药用植物资源，发现国家重点药材种类较少但资源量较大，具备较高的产业化潜力。塔里木河流域的白麻（*Apocynum pictum*）具有较高的药用价值和纤维价值，其分布广泛、生长良好，开发潜力大[25]。同样具有药用价值的紫草科（Boraginaceae）植物在流域内分布广泛、品质优良[26]。但是目前对塔里木河流域野生植物资源的研究，多集中于单一类经济用途、特定县域资源或特定科、物种的研究，缺乏对野生植物资源的系统梳理，尤其是其分布格局与影响因素的综合研究。

本研究整理了塔里木河流域的药用、纤维、果品和观赏 4 类野生植物资源的相关资料，将其科、属、种、海拔、生境和县域分布格局进行了系统的整理，构建了《塔里木河流域野生植物资源名录》。基于此，本文分析了野生植物资源县域分布格局及其与气候、土壤和社会经济因子之间的关系，探讨影响野

生植物资源丰富度(种数)分布格局的关键因素。旨在为塔里木河流域野生植物资源的精细化管理提供科学依据，推动野生植物资源的科学保护与可持续利用。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

塔里木河流域是我国最大的内陆河流域，全长 1 321 km，流域总面积 1.02×10^6 km^2，包括巴音郭楞蒙古自治州(巴州)、克孜勒苏柯尔克孜自治州(克州)、阿克苏地区、喀什地区与和田地区[27]。其北部为天山，西部为帕米尔高原，南部为昆仑山，东南部为阿尔金山。中部为塔里木盆地，盆地中心为塔克拉玛干沙漠[28]。塔里木河流域属暖温带极端干旱荒漠气候，季节温差大[29]。流域内年均降水量为 116.8 mm，冬季平均气温−5.7 ℃，夏季平均气温 24.4 ℃。土壤类型以草甸土、林灌草甸土、风沙土、盐碱土和龟裂土为主[30−31]。植被类型包括灌丛、草甸、荒漠、灌草丛和隐域性森林。塔里木河流域主要植物有胡杨(*Populus euphratica*)、刚毛柽柳(*Tamarix hispida*)、多枝柽柳(*T. ramosissima*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、骆驼刺(*Alhagi camelorum*)、白麻、胀果甘草(*Glycyrrhiza inflata*)等，这些植物沿河岸呈带状分布，群落结构简单[32]。

1.2 数据来源

通过文献调研构建了《塔里木河流域野生植物资源名录》(见附录)。数据来源包括《新疆塔里木盆地野生植物图谱》[33]、《新疆盐生植物》[34]、《中国荒漠植物图鉴》[35]、《中国北方草地植物彩色图谱》[36]、《中国寒区旱区常见荒漠植物图鉴》[37−38]和《新疆塔里木盆地特有和珍稀维管植物》[39]等书籍中塔河流域的植物资源。在植物智(http://www.iplant.cn/)网站按照被子植物 APG Ⅲ分类系统检索并校对物种分类信息，形成塔河流域野生植物资源名录，包括所有植物资源的中文名、拉丁名、县域分布、经济类别等信息。基于此名录，分析塔里木河流域野生植物资源种数及其与年均温、年均降水量、土壤性质、县域人口数等之间的关系。所用的年均温和年均降水数据均来源于国家地球系统科学数据中心(http://www.geodata.cn)，时间为 2012—2022 年，覆盖塔里木河流域所有县域。有效钾(available potassium，AK)、有效磷(available phosphorus，AP)、有效氮(total nitrogen，TN)、全钾(total potassium，TK)、全磷(total phosphorus，TP)等土壤性质则来自国家青藏高原科学数据中心(https://data.tpdc.ac.cn/)的“中国土壤有机质数据集”。所有数据均在相同的县域时空尺度下整合，确保环境因子在时间和空间上的一致性。县域人口数、GDP 等数据来自《中国县域统计年鉴》[40]。图中县级行政区边界数据来自国家地理信息公共服务平台(https://www.tianditu.gov.cn/)所提供的标准地图〔审图号 GS(2022)0293 号〕，底图未经任何修改。

1.3 数据分析

1.3.1 科、属、种以及种密度组成

在分析塔里木河流域植物资源科、属组成时，根据以往研究[41−42]中的划分方式，按科、属的含种数划分为“较大科”或“较大属”(≥10 种)、“中等科”或“中等属”(含 4～9 种)、“寡种科”或“寡种属”(含 2～3 种)和“单种科”或“单种属”(1 种)。种密度公式如下[43]。

$$P = M/\ln N$$

式中：P 是某县域所含种的密度；M 是某县域包含种的数量；N 是某县域的面积(km^2)。

1.3.2 行政区划整理及物种县域分布

塔里木河流域涵盖了 36 个县和 10 个市，然而，由于铁门关市和昆玉市的行政区划调整较晚，因此未纳入本研究的统计分析范围。此外，由于喀什市与喀什县、和田市与和田县在行政区划上存在边界定义不清的情况，为避免数据重复或遗漏，将喀什市与喀什县、和田市与和田县的数据分别进行了归并[44]。利用 ArcGIS 10.8 地理信息平台绘制了野生植物资源的县域分布图。

1.3.3 统计分析

使用 R 语言的“lm()”函数进行回归分析，在多元回归分析的基础上，采用“glmm.hp”程序包进行层次分割分析，量化总种数和和药用植物种数分布的主要影响因素及其贡献率[45]。为了满足线性建模对数据结构的基本假设，所有参与建模的变量均进行了标准化(Z-score)处理，以消除量纲差异并减轻非正态性的影响。评估结果显示，大多数因子近似服从正态分布，符合线性回归分析的前提条件。本研究仅对药用植物(280 种)进行了影响因子统计分析，因其数据量充足，结果具有统计学意义。其他类别(果品 19 种、观赏 27 种、纤维 14 种)数据量较小，分析结果可能缺乏代表性和解释力，故未进行单独的影响因子响应分析。在层次分割结果中，负值通常是由变量间的抑制作用或其变化范围过小导致的。这种负向效应表明该变量对模型的重要性较低，一般可视为不重要的预测因子[46−47]，所以负值统一用 0 表示。最后使用 R 语言中的“ggplot2”程序包进行统计图表绘制。

2　结果与分析

2.1　塔里木河流域野生植物资源的科、属、种组成

塔里木河流域 4 类(药用、观赏、果品、纤维)植物资源共计 64 科 180 属 312 种。不同类别资源植物的科、属、种丰富度存在显著差异(图 1)。药用植物的丰富度最高，包含 61 科 166 属 280 种。在药用植物中，菊科(Asteraceae)占据主导地位，共含 40 种药用植物。紧随其后的是豆科(Fabaceae)和蔷薇科(Rosaceae)，分别包含 26 种和 19 种药用植物。苋科(Amaranthaceae)和白刺科(Nitrariaceae)分别包含 17 种和 12 种药用植物。这些科在药用植物种类构成中占据了重要地位。其他 3 类资源丰富度较小。其中，野生果品植物包括 6 科 15 属 19 种，蔷薇科占比最大，包含 7 种，以蔷薇属(*Rosa*)的 5 种为主，代表性种类有腺果蔷薇(*Rosa fedtschenkoana*)、疏花蔷薇(*Rosa laxa*)和矮蔷薇(*Rosa nanothamnus*)。野生观赏植物共有 17 科 24 属 27 种，其中豆科(Fabaceae)、禾本科(Poaceae)和菊科较为丰富，各含 3 种。代表植物有骆驼刺(*Alhagi camelorum*)、铃铛刺(*Caragana halodendron*)、小獐毛(*Aeluropus pungens*)、乳苣(*Lactuca tatarica*)等。野生纤维植物共有 6 科、10 属 14 种，其中禾本科最多，共 7 种，代表植物有假苇拂子茅(*Calamagrostis pseudophragmites*)和芦苇(*Phragmites australis*)；夹竹桃科(Apocynaceae)和鸢尾科(Iridaceae)各含 2 种，代表性种类包括白麻、罗布麻(*Apocynum venetum*)、喜盐鸢尾(*Iris halophila*)和马蔺(*Iris lactea*)。

塔里木河流域的野生植物资源具有丰富的经济价值，部分植物同时具备多种用途。其中有 6 种植物具有 3 种经济价值，比如兼具药用、观赏和纤维价值的沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、白麻、罗布麻、马蔺等，还有具有药用、观赏、果品经济的黑果枸杞

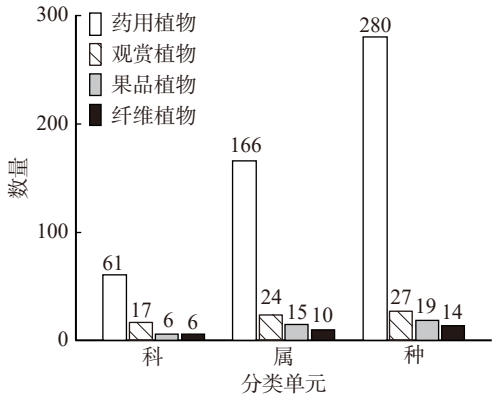


图 1　塔里木河流域 4 类野生植物资源科、属、种数量统计

Fig. 1　Statistical chart of family, genus, and species numbers of four types of wild plants in the Tarim River Basin

(*Lycium ruthenicum*)和沙棘(*Hippophae rhamnoides*)。此外，14 种植物具有双重经济价值，其中 10 种兼具药用和观赏价值，如红砂(*Reaumuria soongarica*)、骆驼刺、白刺(*Nitraria tangutorum*)、乳苣等；3 种兼具药用和果品价值，包括尖果沙枣(*Elaeagnus oxycarpa*)、小果白刺(*Nitraria sibirica*)和疏花蔷薇；兼具观赏和纤维价值的仅有药葵(*Althaea officinalis*) 1 种。

2.2　塔里木河流域野生植物资源及药用植物科属组成

塔里木河流域野生植物总资源及药用植物资源的科、属、种数占比呈显著不均匀分布格局(图 2)。在总种数中，较大科(≥10 种)占科总数的 9.52%，但所含种数占比高达 46.47%；而单种科(含 1 种)占科总数的 31.75%，其种数占比仅为 6.41%。属的分布中，单种属占属总数的 61.11%，其种数占比达 35.26%；较大属(≥10 种)占属总数的比例最小(0.56%)，种数占比也最低(3.53%)。

药用植物是该流域内植物资源的核心组成部分，占总种数的 89.74%，其科、属、种数分布与总种数类似，较大科种数占总种数的比例最高，而属以单属为主(图 2b、d)。

2.3　塔里木河流域野生植物资源的空间分布特征

塔里木河流域野生植物资源在县域尺度上表现出显著的空间异质性(图 3)。从分布格局来看，西部和北部区域具有明显的资源优势，而东部地区则相对贫乏。具体科级分布以和静县(40 科)最丰富，次之的是喀什市、阿克苏市和塔什库尔干塔吉克自治县，都为 36 科；东部地区如尉犁县和且末县仅分别有 18 科和 14 科(图 3a)。属的分布以和静县(93 属)、阿克苏市(79 属)和乌恰县(79 属)的属数最多，而尉犁县和且末县仅有 26 属和 22 属(图 3b)。种的分布格局显示，和静县物种最丰富(129 种)，阿克苏市(112 种)和乌恰县(101 种)次之，而尉犁县和且末县分别为 35 种和 28 种(图 3c)。种密度分布进一步表明，流域内野生植物资源呈现“西多东少”的分布特征，西部和北部区域具有更高的植物资源。其中，和静县(12.49)、阿克苏市(11.63)和乌恰县(10.21)密度最高，而东部地区密度显著较低(图 3d)。

2.4　塔里木河流域 4 类野生植物资源的空间分布特征

塔里木河流域 4 类野生植物资源(药用、果品、观赏和纤维植物)呈现出明显的空间分异格局(图 4)。其中，药用植物的物种丰富度较高，主要集中于西南、北部和东部边缘地区，如和静县(119 种)、叶城县(86 种)、塔什库尔干塔吉克自治县(76 种)以及若羌县(44 种)；此外，中部的阿克苏市也呈现显著的集中分布(97 种)(图 4a)。野生果品植物的分布则

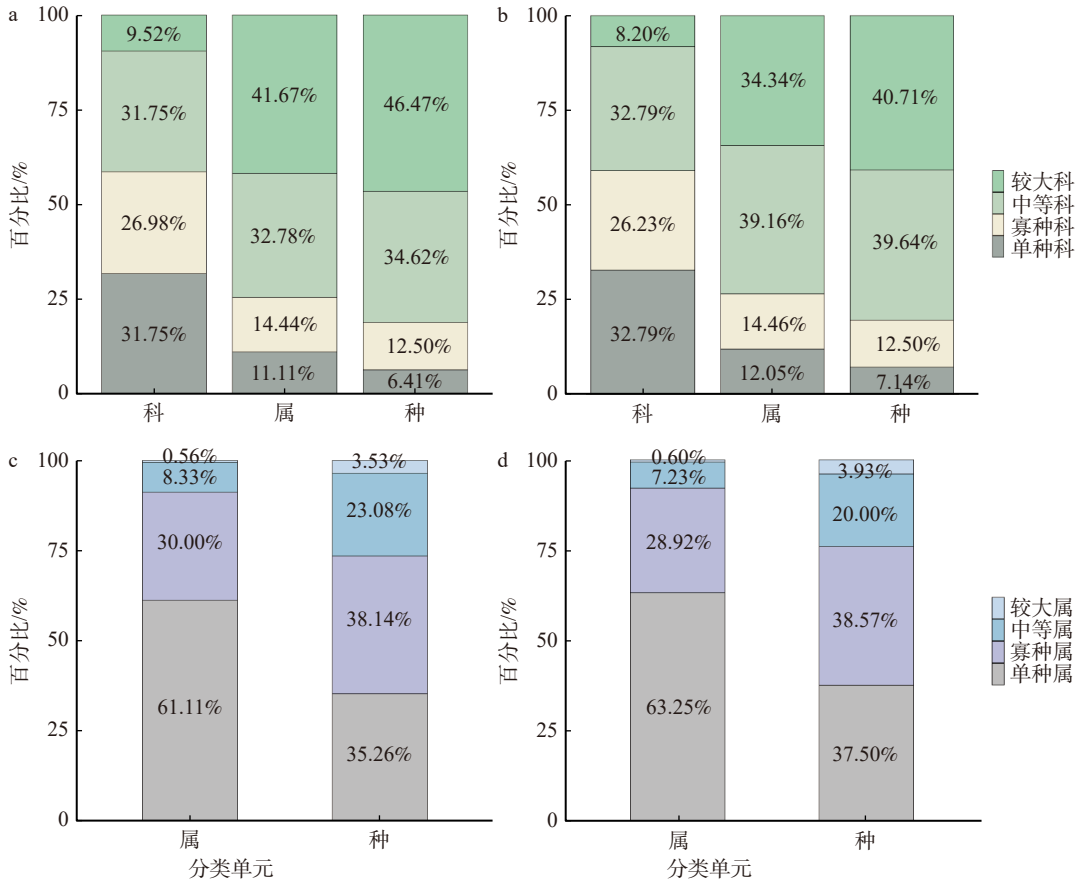


图 2 塔里木河流域野生植物资源(a、c)和药用植物(b、d)科、属组成

Fig. 2 Composition of families and genera of wild plants (a, c) and medicinal plants (b, d) in the Tarim River Basin

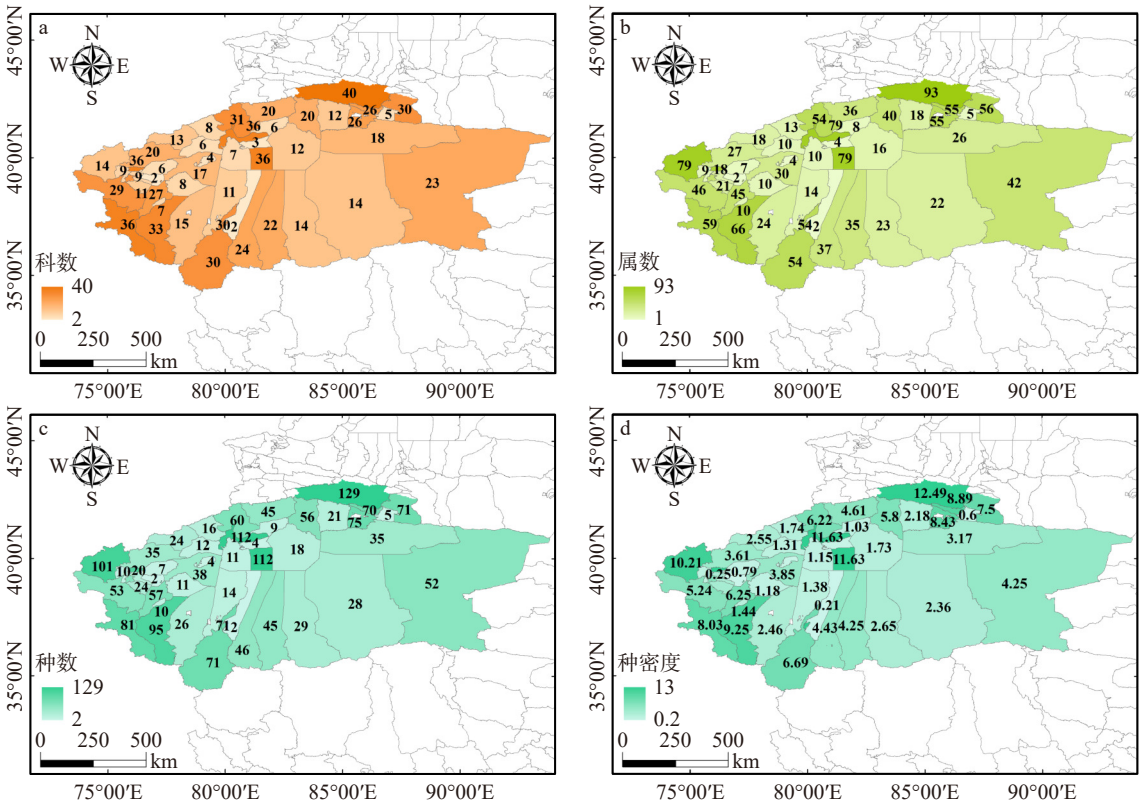


图 3 塔里木河流域科、属、种数及种密度的县域分布

Fig. 3 County-level distribution of plant family, genus, species counts, and species density in the Tarim River Basin

相对集中，主要分布于中部、西部及北部的局部区域，包括阿克苏市(7 种)、乌恰县(7 种)、喀什市(7 种)和库车县(7 种)，果品植物的物种丰富度整体呈现由西向东递减的趋势(图 4b)。野生观赏植物在西南部和中部地区的分布相对密集，阿克苏市(18 种)、和田市(11 种)及库尔勒市(11 种)为主要富集区域，呈现较强的局部聚集性(图 4c)。相比之下，野生纤维植物的物种丰富度在东部区域较高，主要分布于轮台县(21 种)、若羌县(6 种)和尉犁县(5 种)及其周边地区(图 4d)。

2.5　塔里木河流域野生植物资源及药用植物丰富度的影响因素

图 5 显示：总种数的变化主要由年均温和人口数量驱动，二者的贡献率分别为 37.81%(负相关，$p < 0.05$)和 23.58%(正相关，$p < 0.05$)。药用植物种数也主要受年均温和人口数量影响，两者贡献率分别为 33.06%(负相关，$p < 0.05$)和 29.11%(正相关，$p < 0.05$)。其他因子如 GDP、土壤酸碱度等影响不显著。

3　讨　　论

3.1　塔里木河流域不同类别野生植物资源的区域分布特征

塔里木河流域的不同类别野生植物资源县域分布格局呈现显著的差异性，为资源的管理、保护与可持续利用提供了多样化的途径。药用植物广泛分布于北部的和静县以及西南部的叶城县、塔什库尔干塔吉克自治县等区域，这些地区应当优先建立药用植物资源保护区，同时发展规范化种植基地和医药健康产业，在开发利用过程中需特别注意严控过度采收，防止资源被破坏[48]。果品植物集中分布在中西部的阿克苏市、喀什市和库车县等地区，可通过种质资源库的建设和人工繁育技术的推广，推动特色果品植物的产业化，大力发展果品经济。观赏植物的分布集中在西北部和中部(图 4c)，如阿克苏市、和田市和库尔勒市(11 种)，建议结合生态旅游需求开发主题公园和特色旅游线路，并在城市绿化中优先选用这些本土观赏植物，以减少外来物种入侵风险[19]。纤维植物主要分布在东部的轮台县和若羌县等盐渍土区域[34]，这类植物不仅具有经济开发价值，还能用于盐碱地改良，建议通过发展纺织、造纸等产业实现资源的高效利用。

值得注意的是，本研究主要基于《新疆塔里木盆地野生植物图谱》等[33]历史文献资料，虽然这些资料可反映资源分布的基本格局[43−44]，但由于编撰时间较早，可能无法完全体现当前实际情况。未来研究应当结合更系统的实地调查和最新标本数据，同时运用遥感等现代技术手段，以获取更准确的资源分

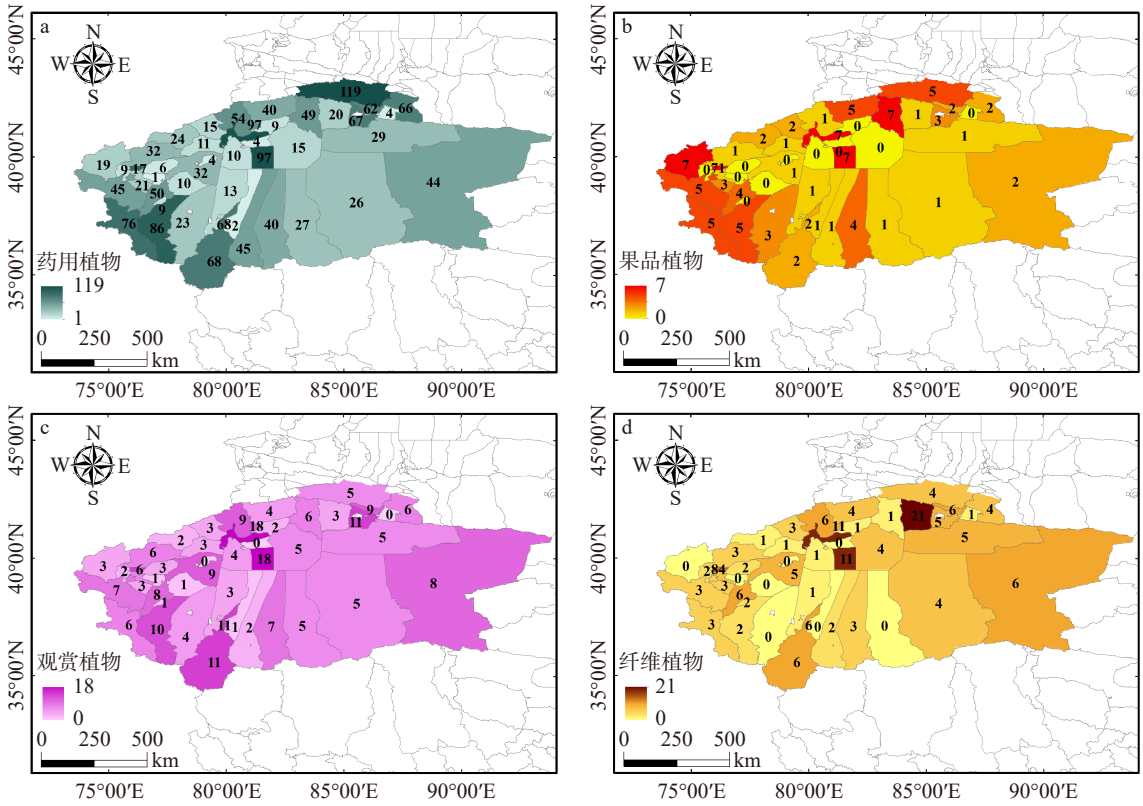
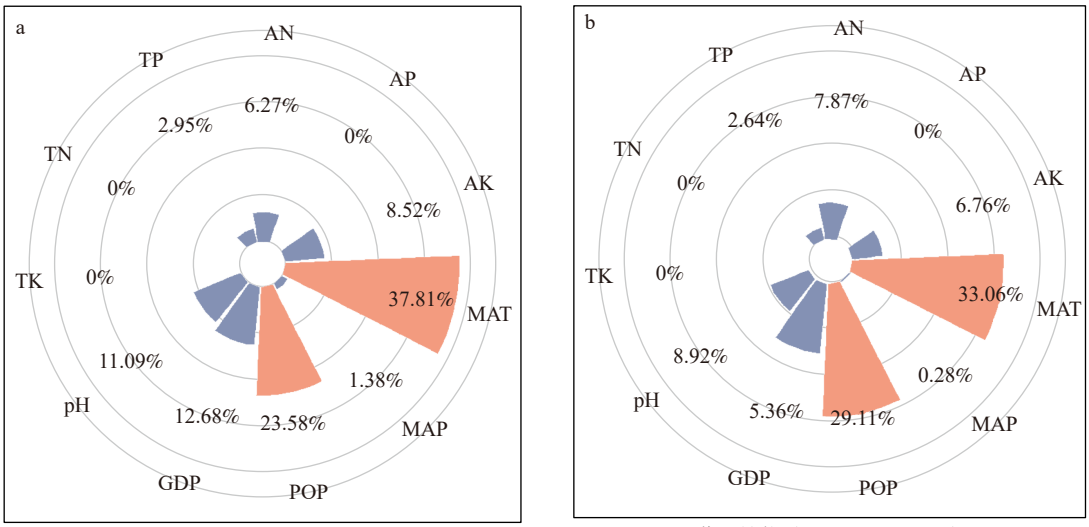


图 4　塔里木河流域 4 类野生植物资源物种县域分布

Fig. 4　County-level distribution map of four types of wild plant species in the Tarim River Basin



TP. 全磷；TN. 全氮；TK. 全钾；AN. 有效氮；AP. 有效磷；AK. 有效钾；pH. 酸碱度；GDP. 生产总值；POP. 人口数量；MAP. 年平均降水量；MAT.年平均温度。图中红色表示显著影响因素（$p < 0.05$），蓝色表示影响不显著的因素。

图 5 野生植物资源总种数与药用植物分布影响因素

Fig. 5 Factors affecting the total number of wild plant species and distribution of medicinal plants

布信息，为制定科学的保护与利用策略提供可靠依据。

3.2 塔里木河流域野生植物资源的多重经济价值及其应用潜力

塔里木河流域的野生植物资源具有多重经济价值。如沙枣、白麻和沙棘等植物，具有药用、纤维及观赏三重经济价值，不仅能够满足药物生产和纺织工业的需求，同时还在园林景观设计中占据重要地位，展现出广泛的应用潜力[49]。而沙棘和黑果枸杞等植物，除具备显著的药用价值外，还是重要的果品资源，具有较高的市场价值，这进一步提升了其在生态农业与食品加工产业中的应用前景。这种多重功能的植物资源不仅在推动地方经济发展方面具有重要作用，也为区域的生态保护提供了可持续利用的基础。特别是在植被恢复与生物多样性保护的背景下，充分挖掘这些植物的生态与经济价值，可有力支持塔里木河流域的生态恢复与经济转型。未来研究应聚焦于这些植物在生态修复、绿色农业及生态旅游等方面的潜力，探索其在促进地方经济可持续发展的同时如何提升生态系统服务功能。结合植物的多重功能价值，制定更具战略意义的生态经济政策，实现生态保护与经济发展的双赢。此外，应进一步探索这些植物的种植模式、加工技术以及产业化路径，推动其在更广泛的产业领域中的应用，为塔里木河流域的生态与经济发展提供长期稳定的保障。

3.3 野生植物资源分布的主要影响因素

本研究发现，塔里木河流域野生植物资源和药用植物的丰富度主要受年均温和人口数量的影响[50–51]。年均温是影响物种丰富度的关键气候因素，对植物资源的分布起着主导作用[52]。药用植物的分布也主要受年均温影响，这与尼泊尔等地的研究[53]结论一致。然而，与全球或我国气候梯度背景下物种丰富度通常随年均温升高而增加不同[54]，塔里木河流域的物种丰富度随年均温升高而降低。这是因为相比于湿润区域，塔里木河流域高温与干旱并存，植物生长可能受到水分不足等因素的限制更大，因此温度升高反而可能限制了某些物种的生存和扩展[55]。另一方面，人口数量对植物分布的影响也十分显著。较高的人口密度通常伴随着更频繁的资源开发和利用[56]，且人口集中地区的植物调查和物种采集较为系统，促进了植物种类的记录和利用[14]。这与全球物种丰富度较高地区人口密度也较高的趋势相符[57]，表明人类活动在一定程度上推动了对植物资源的认知和开发，丰富的生物资源也可能吸引了人类聚集[18]。然而，土壤条件和降水量等其他环境因子在本研究中未显示出显著影响，这可能是由于塔里木河流域的植物已适应干旱少雨的环境，对降水变化的敏感性较低[58]。或因缺乏实测数据导致这些因素的作用未准确反映。未来研究应通过更精细的土壤和降水数据分析，进一步探讨其在植物分布中的潜在作用。

4 结 论

本研究系统整理了塔里木河流域野生植物资源的相关资料，汇总了各类别植物资源的数量、分布范围等，并且分析了分布格局及其影响因素。

（1）不同类别植物资源的丰富度分布具有显著的区域性差异，建议实施区域化管理和分类保护，重

点加强西北部和北部植物资源丰富地区的保护，同步建立种质资源库、发展生态旅游，并引种观赏植物。

(2)年均温和人口数量显著影响野生植物分布。应在人口集中区严控过度开发，推广药用植物人工栽培，实现保护与利用平衡。

参 考 文 献

[1] 樊金拴. 野生植物资源开发与利用 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
Fan J S. Wild plant resources development and utilization[M]. Beijing: Science Press, 2013.

[2] 杨利民, 韩梅, 张永刚. 野生植物资源学 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2017.
Yang L M, Han M, Zhang Y G. Wild plant resources[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2017.

[3] 谢碧霞, 张美琼. 野生植物资源开发与利用学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
Xie B X, Zhang M Q. Study on the development and utilization of wild plant resources[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.

[4] 王振宇, 王承南. 野生植物资源开发与利用 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
Wang Z Y, Wang C N. Development and utilization of wild plant resources[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2018.

[5] Alemayehu G, Asfaw Z, Kelbessa E. Plant diversity and ethnobotany in Berehet District, North Shewa Zone of Amhara Region (Ethiopia) with emphasis on wild edible plants[J]. Journal of Medicinal Plants Studies, 2015, 3(6): 93−105.

[6] Wild J, Kaplan Z, Danihelka J. Plant distribution data for the Czech Republic integrated in the Pladias database[J]. Preslia, 2019, 91(1): 1−24.

[7] Liu J, Milne R I, Cadotte M W, et al. Protect third pole's fragile ecosystem[J]. Science, 2018, 362: 1368.

[8] Mao L F, Chen S B, Zhang J L, et al. Vascular plant diversity on the roof of the world: Spatial patterns and environmental determinants[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2013, 51(4): 371−381.

[9] Yan Y J, Yang X, Tang Z Y. Patterns of species diversity and phylogenetic structure of vascular plants on the Qinghai Tibetan Plateau[J]. Ecology and Evolution, 2013, 3(13): 4584−4595.

[10] Chen Y, Yang X, Yang Q, et al. Factors affecting the distribution pattern of wild plants with extremely small populations in Hainan Island, China[J]. PLoS One, 2014, 9(5): e97751.

[11] Khadka D, Baral B, Pieroni A, et al. Ecology, ethnobotany, distribution, conservation and potential use of *Prunus napaulensis* (Ser.) Steud. in Nepal[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2025, 72(4): 4241−4255.

[12] Wang L, Deng H, Qiu X , et al. Determining the impact of key climatic factors on geographic distribution of wild *Akebia trifoliate*[J]. Ecological Indicators, 2020, 112: 106093.

[13] 于海彬, 张镱锂, 刘林山,等. 青藏高原特有种子植物区系特征及多样性分布格局 [J]. 生物多样性, 2018, 26(2): 130−137.
Yu H B, Zhang Y L, Liu L S, et al. Floristic characteristics and diversity patterns of seed plants endemic to the Tibetan Plateau[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(2): 130−137.

[14] Sabo H M. Some medicinal plants from wild flora of Romania and the ecology[J]. Research Journal of Agricultural Science, 2012, 44(2): 4−5.

[15] Applequist W L, Brinckmann J A, Cunningham A B. Scientists' warning on climate change and medicinal plants[J]. Planta Medica, 2020, 86(1): 10−18.

[16] Wang S W, Zhou Y D, Musili P M, et al. Inventory incompleteness and collecting priority on the plant diversity in tropical East Africa[J]. Biological Conservation, 2020, 241: 108313.

[17] Nachiappan K, Nallakaruppan N, Alphonse M, et al. Status, conservation, and sustainability on medicinal plant resources of India[M]// Plant genetic resources, inventory, collection and conservation. Singapore City: Springer, 2022: 351−387.

[18] 赵仁生, 许诗嘉, 宋鹏飞, 等. 青藏高原药用植物分布格局及保护优先区 [J]. 生物多样性, 2022, 30(4): 68−77.
Zhao R S, Xu S J, Song P F, et al. Distribution patterns of medicinal plant diversity and their conservation priorities in the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Biodiversity Science, 2022, 30(4): 68−77.

[19] Petřík P, Sádlo J, Hejda M, et al. Composition patterns of ornamental flora in the Czech Republic[J]. NeoBiota, 2019, 52: 87−109.

[20] 田中平, 庄丽, 李建贵, 等. 伊犁河谷北坡野果林木本植物种间关系及环境解释 [J]. 生物多样性, 2011, 19(3): 335−342, 396−397.
Tian Z P, Zhuang L, Li J G, et al. Interspecific and environmental relationships of woody plant species in wild fruit-tree forests on the north slope of Ili Valley[J]. Biodiversity Science, 2011, 19(3): 335−342, 396−397.

[21] Li L P, Zhang B G, Xiao P G, et al. Patterns and environmental determinants of medicinal plant: vascular plant ratios in Xinjiang, Northwest China[J]. PLoS One, 2016, 11(7): e0158405.

[22] 杨利民, 张永刚. 植物资源学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2022.
Yang L M, Zhang Y G. Plant resources [M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2022.

[23] 王慧, 杨淑萍, 阎平, 等. 新疆西昆仑山地区药用植物资源调查研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(11): 2750−2752.
Wang H, Yang S P, Yan P, et al. Survey of medicinal plant resources in the western Kunlun Mountains of Xinjiang[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2016, 27(11): 2750−2752.

[24] 石磊岭, 逯永满, 王东东, 等. 新疆和田地区东部县域药用植物资源调查与分析. 中国现代中药, 2020, 22(11): 1799−1803.
Shi L L, Lu Y M, Wang D D, et al. Investigation and analysis of medicinal plant resources in eastern counties of Hetian Region in Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. China Modern Traditional Chinese Medicine, 2020, 22(11): 1799−1803.

[25] 肖正春, 袁昌齐, 束成杰, 等. 罗布麻类植物资源开发利用及展望 [J]. 中国野生植物资源, 2018, 37(1): 1−4.
Xiao Z C, Yuan C Q, Shu C J, et al. Development, utilization and outlook of apocynum resources[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2018, 37(1): 1−4.

[26] 朱国强, 廖菁, 李晓瑾, 等. 新疆紫草科药用植物资源及分布概述 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(4): 291−294.
Zhu G Q, Liao J, Li X J, et al. Xinjiang boraginaceae medicinal plant resources and distribution overview[J]. China Modern Traditional Chinese Medicine, 2013, 15(4): 291−294.

[27] 刘夏, 张曼, 徐建华, 等. 基于系统动力学模型的塔里木河流域水资源承载力研究 [J]. 干旱区地理, 2021, 44(5): 1407−1416.
Liu X, Zhang M, Xu J H, et al. Water resources carrying capacity of Tarim River Basin based on system dynamics model[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(5): 1407−1416.

[28] 万红梅, 李霞, 董道瑞, 等. 塔里木河下游植被覆盖变化遥感定量分析 [J]. 自然资源学报, 2013, 28(4): 668−677.
Wan H M, Li X, Dong D R, et al. Remote sensing quantitative analysis on vegetation coverage change in lower reaches of the Tarim River[J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(4): 668−677.

[29] 杨家军, 吐尔逊·哈斯木, 郝永娟. 等. 塔里木河下游生态输水对植被恢复和沙漠化逆转的影响 [J]. 水土保持通报, 2014, 34(4): 323−327.
Yang J J, Tursun Kasim, Hao Y J, et al. Effects of ecological water transportation on vegetation restoration and desertification reversal in lower reaches of Tarim River[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014, 34(4): 323−327.

[30] 施枫芝, 赵成义, 叶柏松, 等. 基于 PTFs 的干旱地区土壤饱和导水率的尺度扩展 [J]. 中国沙漠, 2014, 34(6): 1584−1589.
Shi F Z, Zhao C Y, Ye B S, et al. The scaling-up of soil saturated hydraulic conductivity based on PTFs in arid area[J]. Journal of Desert Research, 2014, 34(6): 1584−1589.

[31] 阎国荣, 许正. 中国新疆野生果树研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
Yan G R, Xu Z. Research on wild fruit trees in Xinjiang, China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2010.

[32] 赵磊, 高静. 新疆塔里木河流域荒漠草原植被生物多样性研究 [J]. 干旱环境监测, 2014, 28(3): 122−125.
Zhao L, Gao J. Research on biological diversity under desert grassland vegetation in Tarim River Basin of Xinjiang[J]. Arid Environmental Monitoring, 2014, 28(3): 122−125.

[33] 李志军, 黄文娟, 杨赵平,等. 新疆塔里木盆地野生植物图谱 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
Li Z J, Huang W J, Yang Z P, et al. Native plants atlas in Tarim Basin of Xinjiang[M]. Beijing: Science Press, 2013.

[34] 郁金标, 张福锁, 田长彦. 新疆盐生植物 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Xi J B, Zhang F S, Tian C Y. Halophytes in Xinjiang[M]. Beijing: Science Press, 2006.

[35] 卢琦, 王继和, 褚建民. 中国荒漠植物图鉴 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.
Lu Q, Wang J H, Chu J M. Desert plant in China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2012.

[36] 谷安琳, 王宗礼. 中国北方草地植物彩色图谱 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
Gu A L, Wang Z L. Atlas of rangeland plants in northern China[M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press, 2009.

[37] 李新荣, 李小军, 刘光琇. 中国寒区早区常见荒漠植物图鉴: 早区植物卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
Li X R, Li X J, Liu G X. Illustration of common desert plants in cold and arid regions of China: plants in arid regions[M]. Beijing: Science Press, 2012.

[38] 李新荣, 李小军, 刘光琇. 中国寒区早区常见荒漠植物图鉴: 寒区植物卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
Li X R, Li X J, Liu G X. Illustration of common desert plants in cold and arid regions of China: plants in cold regions[M]. Beijing: Science Press, 2012.

[39] 李志军, 张玲, 邱爱军, 等. 新疆塔里木盆地特有和珍稀维管植物 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
Li Z J, Zhang L, Qiu A J, et al. Endemic and rare vascular plants in Tarim Basin of Xinjiang[M]. Beijing: Science Press, 2015.

[40] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县域统计年鉴 县市卷 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
National Bureau of Statistics of China. China county statistical yearbook, county and city volume[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.

[41] 李健星, 刘以珍, 葛刚, 等. 江西金盆山自然保护区种子植物区系研究 [J]. 西北植物学报, 2016, 36(11): 2322−2331.
Li J X, Liu Y Z, Ge G, et al. Study on the flora of seed plants in Jinpenshan nature reserve, Jiangxi Province[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica 2016, 36(11): 2322−2331.

[42] 谷文乾, 张淑钧, 杨欣欣, 等. 察隅河流域药用种子植物资源多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2023, 43(9): 1568−1578.
Gu W Q, Zhang S J, Yang X X, et al. Diversity of medicinal seed plant resources in Zayü River Basin[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2023, 43(9): 1568−1578.

[43] Qian H. Large-scale biogeographic patterns of vascular plant richness in North America: an analysis at the generic level[J]. Journal of Biogeography, 1998, 25(5): 829−836.

[44] 程芸, 袁磊. 新疆植物特有种的地理分布规律 [J]. 干旱区研究, 2011, 28(5): 854−859.
Cheng Y, Yuan L. Study on geographic distribution of endemic plant species in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2011, 28(5): 854−859.

[45] Lai J S, Zhu W J, Cui D F, et al. Extension of the glmm. hp package to zero-inflated generalized linear mixed models and multiple regression[J]. Journal of Plant Ecology, 2023, 16(6): rtad038.

[46] Legendre P, Legendre L. Numerical ecology [M]. Oxford: Elsevier, 2012.

[47] Lai J S, Zou Y, Zhang J L, et al. Generalizing hierarchical and variation partitioning in multiple regression and canonical

analyses using the rdacca. hp R package[J]. Methods in Ecology and Evolution, 2022, 13(4): 782−788.

[48] Zhang Y, Chen J, Sun H. Alpine speciation and morphological innovations: revelations from a species-rich genus in the Northern Hemisphere[J]. AoB Plants, 2021, 13(3): plab018.

[49] 吴明江, 邱娟, 郑凤, 等. 新疆野果林灌木物种多样性与生态位研究 [J]. 干旱区研究, 2024, 41(12): 2094−2109.
Wu M J, Qiu J, Zheng F, et al. Study on shrub species diversity and niche of wild fruit forest in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2024, 41(12): 2094−2109.

[50] Xu X, Dimitrov D, Shrestha N, et al. A consistent species richness–climate relationship for oaks across the Northern Hemisphere[J]. Global Ecology and Biogeography, 2019, 28(8): 1051−1066.

[51] Yao Z, Xin Y, Yang L, et al. Precipitation and temperature regulate species diversity, plant coverage and aboveground biomass through opposing mechanisms in large-scale grasslands[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 999636.

[52] 马森, 张代青, 张惠,等. 塔里木河流域 NDVI 时空变化特征及其影响因素分析 [J]. 高原山地气象研究, 2023, 43(4): 76−83.
Ma S, Zhang D Q, Zhang H, et al. Spatiotemporal variation characteristics and influencing factors analysis of NDVI in Tarim River Basin[J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2023, 43(4): 76−83.

[53] Rana S K, Rana H K, Ranjitkar S, et al. Climate-change threats to distribution, habitats, sustainability and conservation of highly traded medicinal and aromatic plants in Nepal[J]. Ecological Indicators, 2020, 115: 106435.

[54] 卢颖,刘仁权,王文全,等.应用因子分析探讨影响甘草地理分布的环境因素 [J].中草药,2011,42(9):1822−1827.
Lu Y, Liu R Q, Wang W Q, et al. Application of factor analysis to studying environmental factors with influencing effects on geographical distribution of *Glycyrrhiza Radix* et *Rhizoma*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2011, 42(9): 1822−1827.

[55] Nogués-Bravo D, Araújo M B. Species richness, area and climate correlates[J]. Global Ecology and Biogeography, 2006, 15(5): 452−460.

[56] Cincotta R P, Wisnewski J, Engelman R. Human population in the biodiversity hotspots[J]. Nature, 2000, 404: 990−992.

[57] Luck G W. A review of the relationships between human population density and biodiversity[J]. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 2007, 82(4): 607−645.

[58] 高晓宇, 郝海超, 张雪琪, 等. 中国西北干旱区植被水分利用效率变化对气象要素的响应——以新疆为例 [J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1111−1120.
Gao X Y, Hao H C, Zhang X Q, et al. Responses of vegetation water use efficiency to meteorological factors in arid areas of northwest China: a case of Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(7): 1111−1120.

（责任编辑　孟　瑶
责任编委　臧润国）