

· 药学基础 ·

甘肃省药用植物资源空间分布格局及其驱动因子

郭延秀¹, 曹后康¹, 席少阳¹, 刘立¹, 马晓辉¹, 马毅^{1,2}, 林丽^{1,2}, 郑贵森³, 晋玲^{1,2*}

(1. 甘肃中医药大学药学院, 兰州 730000; 2. 西北中藏药协同创新中心, 兰州 730000;

3. 甘肃中医药大学公共卫生学院, 兰州 730000)

[摘要] 目的: 了解甘肃省药用植物资源种类空间分布特征, 分析造成该空间分异的原因、变化趋势及影响的驱动因子, 为甘肃省药用植物资源的合理开发和可持续发展提供科学依据。方法: 运用全局空间自相关分析、趋势表面分析、局部空间自相关分析和热点分析等地统计分析技术, 对第四次全国中药资源普查甘肃省 87 个县(区)药用植物资源种类丰富度及空间分布差异进行分析, 并以植被类型、土壤质地、年平均气温、年平均降水量、海拔等为自然驱动因素, 进一步分析本省药用植物资源空间分布格局与驱动因子的相关性。结果: 甘肃省药用植物资源种类丰富度高或低的县(区)表现出集中分布的空间格局, 其中种类丰富度高且集中分布在东南部, 种类丰富度低的县(区)聚集分布在西北部; 影响冷热点区域的主导驱动因子有植被类型、土壤质地类型构成比例、年均降雨量等。结论: 甘肃省药用植物资源物种丰富度由西向东、由北向南呈递增趋势; 自然驱动因子是影响药用植物资源多样性的重要因子, 也是影响其空间分布格局的主导因子, 其变化对药用植物资源的多样性及空间分布具有显著差异。

[关键词] 第四次全国中药资源普查; 空间分布; 药用植物; 物种丰富度; 自然驱动因子

[中图分类号] R284.2; R289; R22; R2-031; R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2022)17-0140-10

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20220415

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.r.20220129.1451.012.html>

[网络出版日期] 2022-01-30 9:23

Spatial Distribution Pattern of Medicinal Plant Resources in Gansu Province and Driving Factors

GUO Yanxiu¹, CAO Houkang¹, XI Shaoyang¹, LIU Li¹, MA Xiaohui¹, MA Yi^{1,2}, LIN Li^{1,2}, ZHENG Guisen³, JIN Ling^{1,2*}

(1. College of Pharmacy, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;
2. Northwest Collaborative Innovation Center for Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;
3. School of Public Health, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] **Objective:** To clarify the spatial distribution characteristics of medicinal plant resources in Gansu province, analyze the causes, changing trends, and driving factors of the spatial differentiation, and thus lay a scientific basis for the rational development and sustainable development of medicinal plant resources in this province. **Method:** Based on the data of The Fourth National Survey of Chinese Medicine Resources, the richness and spatial distribution difference of medicinal plant resources in 87 counties (districts) of Gansu province were analyzed via the global spatial autocorrelation analysis, trend surface analysis, local spatial autocorrelation analysis, and hotspot analysis. Moreover, the correlation of vegetation type, soil texture, annual

[收稿日期] 2021-06-30

[基金项目] 中医药公共卫生专项(财社[2012]13号,财社[2013]135号,财社[2014]76号,财社[2017]66号,财社[2018]43号)

[第一作者] 郭延秀,在读硕士,从事药用植物资源开发利用与保护研究, E-mail: gyx9581@163.com

[通信作者] * 晋玲,博士,教授,从事珍稀濒危和大宗常用中药资源开发利用与保护研究工作, Tel: 0931-5161161, E-mail: zyxyjl@163.com

average temperature, annual average precipitation, and altitude with the spatial distribution pattern of the medicinal plant resources was discussed. **Result:** Counties (districts) with high or low richness of medicinal plant resources in Gansu province were respectively clustered together. To be specific, counties (districts) with high richness of the medicinal resources were mainly in southeastern Gansu, while those with low richness in northwestern Gansu. The leading driving factors affecting the cold and hot spots included vegetation type, soil texture, and average annual rainfall. **Conclusion:** The species richness of medicinal plant resources in Gansu province rises from west to east and from north to south. The natural driving factors are the key to the diversity and spatial distribution pattern of medicinal plant resources, which show significant influence on them.

[Keywords] The Fourth national Survey of Chinese Medicine Resources; spatial distribution; medicinal plants; species richness; natural driving factor

在20世纪50年代、70年代和80年代,我国对中药资源进行了3次全国调查^[1]。时隔多年,经济、生态环境等发生了巨大的变化,中药资源的种类及蕴藏量也发生了变化。此外,在前3次的资源普查中,由于技术手段等因素限制了调查的深度和广度。为明确中药资源的具体情况并摸清家底,国家中医药管理局于2011年开展了第四次全国中药资源普查^[2]。甘肃省普查工作自2012年起,历时10年,从陇东高原到河西走廊,从黄河之滨到白龙江畔,全面而深入地调查了甘肃省中药资源现状,取得了瞩目的成果。10年普查,摸清了甘肃省中药资源现状、培养了大批专业人才、取得了丰硕学术成果,为甘肃省中药产业的蓬勃发展和可持续发展打下了坚实的基础。

甘肃省总面积42.59万km²,地处北纬32°36′~42°48′,东经92°20′~108°43′(<http://www.gansu.gov.cn>),位于我国中部,地貌多变、地形复杂,孕育了丰富多样的中药资源,同时也造成了种类丰富度和空间分布的不均匀性。中药资源种类分布的时空演变是中药产业发展过程在时间和空间上的表现形式,研究区域中药资源分布的时空演变过程,可以揭示中药资源空间分布的规律性,不同地区自然条件差异的客观性决定了药用植物资源种类分布差异的客观性^[3]。种群空间格局特征的形成与变化主要是种群自身的生物学特性与环境因子共同作用的结果,不同的空间格局表现出种群对环境变化的应对机制,利于种群更有效地利用资源^[4]。研究发现植被类型、土壤质地类型、年平均温度、年平均降水量、海拔等自然驱动因子的空间分异对物种丰富度的分布格局均有显著影响^[5-11]。目前,仅见甘肃省维管植物多样性空间分布格局^[12]、药用植物区系研究^[13]的相关报道,而关于甘肃省药用植物资源空间分布格局与其生态因子相关性研究的相关

报道较少,因此本研究以甘肃省第四次中药资源普查数据为基础,运用统计学分析方法揭示甘肃省药用植物资源种类丰富度、空间分布格局和植被类型等5个自然驱动因子,空间分异对物种空间分布格局之间的影响,为甘肃省药用植物资源保护、中药材产业发展及相关政策规划的制定提供参考。

1 数据来源

本研究中使用的药用植物资源种类数来源于2012—2021年甘肃省33个普查队对87个县(区)实地调查统计的数据。由于某些县(区)面积小或城区多,不满足36个样地的原则,因此将部分县(区)进行了合并调查,如肃州区与嘉峪关市,皋兰县与兰州市区域关区、七里河区、西固区、安宁区、红古区,白银区与平川区,西峰区与镇原县,东乡县与临夏市、广河县进行合并调查,因此在统计分析过程中也将县界融合成77个区域进行作图分析。高程数据(分辨率12.5 m)来自中国科学院环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。土壤质地分类数据、年平均气温数据、年平均降雨量数据均来源于中药资源空间信息网络数据库,该数据库包含中药资源分布的生态因子数据,含有降水量、日照、气候、土壤、地形和植被类型等相关数据,植被类型数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>)与中国科学院植物研究所(<http://www.nsii.org.cn/mapvege>)。甘肃省各县(区)行政边界数据来源于甘肃省自然资源厅标准地图服务网(<http://zrzy.gansu.gov.cn/content-a2de6a8a696a421f8755be7d41a0bc3f.htm>)提供的比例尺为1:450万的甘肃省标准地图,由甘肃省测绘地理信息局监制,图批准文号为甘S(2021)91号。

2 方法

本研究的观察变量是不同地区药用植物的种类丰富度(种类数)。考虑到第四次全国中药资源

普查以县(区)为单位进行,因此,在空间分析(水平方向)上以县(区)为基本单位。

2.1 趋势面分析 趋势面分析可以直观显示变量的空间分布,反映变量在空间中的变化趋势^[14]。本研究利用 ArcGIS 软件的“趋势分析”功能对甘肃省药用植物种类丰富度的宏观趋势进行可视化。

2.2 全局空间自相关分析 全局空间自相关分析(Global Moran's I)是对整个区域内变量空间特征的描述,反映了整个研究区域内观测变量空间相关性的总体趋势。本研究采用 ArcGIS10.2 软件的空间自相关(Moran 指数)函数计算空间自相关检验统计量 Moran 的 I 指数,取值为 $-1\sim 1$ ^[15]。Moran's $I > 0$ 时,表示变量在空间分布上呈正相关,且空间聚类;当 Moran's $I < 0$ 时,表示变量在空间分布上呈负相关,在空间上离散分布;当 Moran's $I = 0$ 时(当 Moran's I 接近 0 时),表示变量在空间分布上不具相关性,在空间上呈随机分布^[16-17]。

2.3 局部空间自相关分析 局部空间自相关分析,也称为聚类和凸点分析(Anselin Local Moran's I)。与全局空间自相关相比,局部空间自相关分析可以测量每个区域与其周围区域之间的局部空间相关程度和空间差异。以种类丰富度为变量,变量值可分为 4 种聚类值和异常值,即“高-高”高值聚类类型(高值点被高值点包围)、“低-低”低值聚类类型(低值点包围低值点)、“高-低”异常值类型(高值点被低值点包围)和“低-高”异常值类型(低值点被高值点包围)^[18]。

2.4 热点分析 局部自相关分析与热点分析的相似性在于,两者都可以描述高值和低值的聚类,但由于统计方法的不同,结果可能会有所不同。热点分析可以通过 Z 分数和 P 值来确定高值或低值元素的空间聚类位置。正 Z 值越高,显著差异越大,高值(热点)空间聚类越紧密;负 Z 值越低,显著差异越大,低值(冷点)空间聚类越紧密^[19-20]。本研究采用 ArcGIS 中的“热点分析”函数得到了冷热点分布图,结果与局部自相关结果更有说服力^[21]。

2.5 自然驱动因子空间分布分析 根据 G_i^* 指数识别的甘肃药用植物资源种类数高值(热点)聚集区与低值(冷点)聚集区空间分布情况,将甘肃省的植被类型数据、土壤质地数据、年平均气温数据、年平均降水量数据、海拔数据与 G_i^* 指数分析结果分别进行叠加分析,探析甘肃省药用植物资源种类高值或低值聚集区域的自然驱动因子的空间分布特征。

3 结果

3.1 甘肃省药用植物资源种类分类统计 据统计,此次普查甘肃省共调查到药用植物共 192 科 955 属 3 135 种,其中被子植物最为丰富,科、属、种占比分别为 76.04%、91.94%、94.29%,蕨类植物次之;藻类植物、菌类植物、地衣类植物及苔藓类植物种类丰富度相对较小,共有 28 种,占比不到总种类数的 1.00%,见表 1。

表 1 甘肃省药用植物资源种类统计

Table 1 Species statistics of medicinal plants in Gansu province

资源类型	科		属		种	
	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%
藻类植物	2	1.04	2	0.21	3	0.10
菌类植物	10	5.21	17	1.78	19	0.61
地衣类植物	2	1.04	2	0.21	3	0.10
苔藓类植物	3	1.56	3	0.31	3	0.10
蕨类植物	22	11.46	35	3.66	106	3.38
裸子植物	7	3.65	18	1.88	45	1.44
被子植物	146	76.04	878	91.94	2 956	94.29

3.2 甘肃省不同县(区)药用植物种类丰富度的空间分布

3.2.1 不同县(区)药用植物资源种类差异分析

根据甘肃省普查的 87 个县(区)药用植物资源种类数,利用 ArcGIS 可视化绘图功能,采用自然断点法对各县(区)药用植物资源种类数进行分级,自然断点法是地图制图中一种常用的聚类方法,该方法的分类结果将最小化组内差异,最大化组间差异,也可以较好地保持数据的统计学特性^[22]。甘肃省各县(区)药用植物资源种类数存在显著性差异,且表现出明显的空间分布特征,大部分地区药用植物种类数在 150~300 种,主要集中在陇中、陇东地区。东南部大部分县(区)药用植物资源物种丰富,种类数 > 300 种,西部大部分地区 < 300 种,金塔、临泽一带最少仅有几十种。见图 1。

3.2.2 不同县(区)种类丰富度及趋势面分析

从图 2 可以看出,甘肃省县界融合后 77 个不同县(区)药用植物资源种类丰富度存在一定的差异。趋势面分析可视化结果表明,甘肃省药用植物资源种类丰富度从西向东(X)呈递增趋势,从南到北(Y)呈递减趋势。总体来说,甘肃省东南部的药用植物资源种类丰富度较高,西北部则相对较低。

3.2.3 全局空间自相关分析 以甘肃省县界融合后的 77 个县(区)的药用植物资源种类为观测变量,

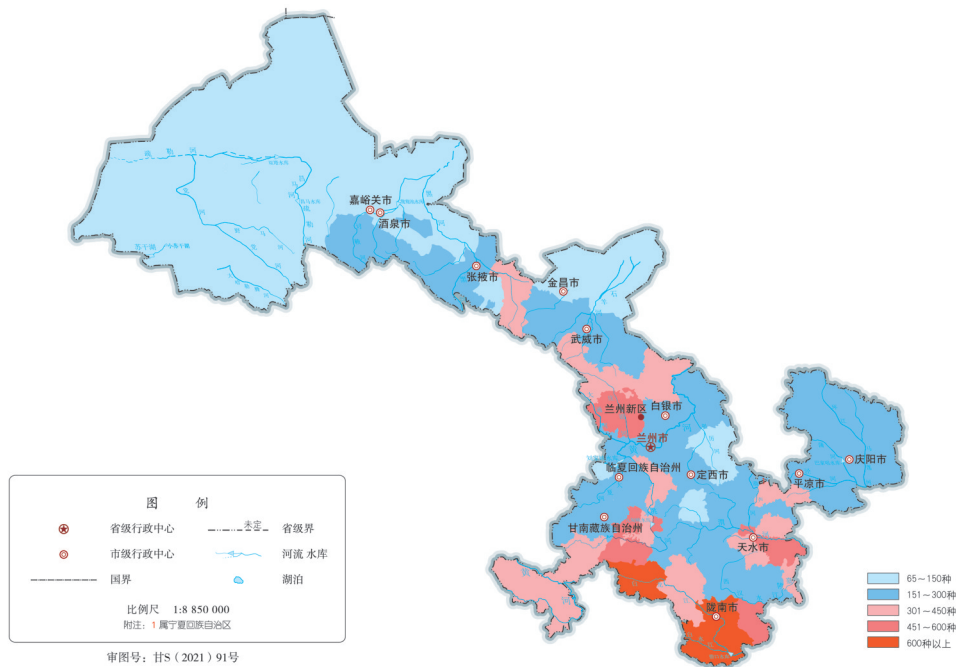
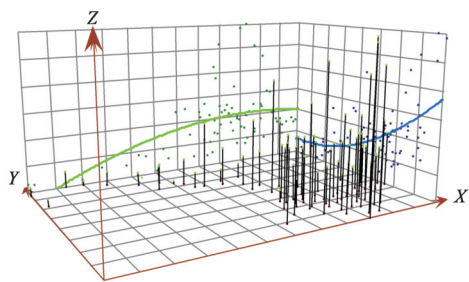


图1 各县(区)药用植物资源种类数分级 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 1 Classification map of the number of medicinal plant resources in all counties (districts)



注: X. 由西向东; Y. 由南向北; Z. 种类数

图2 甘肃省药用植物资源种类趋势面分析

Fig. 2 Analysis of trends of medicinal plant resources in Gansu province

计算全局空间自相关指数 Moran's I 和标准化统计量 Z 。Moran's $I=0.176\ 548$ 、标准化统计量 $Z=4.630\ 154$ 和 $P=0.000\ 004$, 置信度为 99%。在正态分布假设条件下, Moran 指数检验结果高度显著。结果表明, 甘肃省药用植物资源种类丰富度在空间分布上具有显著正相关, 且呈高度聚集分布特征。

3.2.4 局部空间自相关分析 局部空间自相关分析表明, 甘肃省部分县(区)药用植物资源种类丰富度具有明显的空间相关性 ($P<0.05$), 但在大多数地区仍不显著。总体上, 局部分布有 4 种类型, 即“高-高”聚集区、“高-低”异常区、“低-高”异常区和“低-低”聚集区。“高-高”聚集区主要分布在甘肃东南部的迭部县、舟曲县、文县、武都区、宕昌县和岷县; “低-低”聚集区则主要聚集分布在河西地区的 12 县(区); 通渭县和山丹县处于“高-低”异常区; 礼县和

成县 2 个县处于“低-高”异常区。通过图 3 可看出, 甘肃省药用植物资源种类数是由西向东、由北向南呈增多趋势。

3.2.5 热点分析 利用 ArcGIS 热点分析功能计算 G_i^* 统计量和标准化统计量 Z , 并用自然断裂法对甘肃省县界融合后的 77 个县(区)数据进行可视化处理。根据 G_i^* 指数, 可将其分为 99% 冷点地区、95% 冷点地区、90% 冷点地区、不显著地区、90% 热点地区和 99% 热点地区 6 类, 总体上, 3 个置信水平 (90%、95% 和 99%) 的统计检验表明, 虽然大多数地区的结果没有统计学意义, 但在某些地区仍有显著性差异。在 99% 的置信水平下, 热点地区聚集在甘肃省东南部的 7 个区县, 包括迭部、舟曲、文县、武都、宕昌、康县和成县, 该区药用植物资源丰富且高度聚集分布。此外, 在 90% 的置信水平下, 有 3 个县(区)处于热点地区, 其中 2 个县聚集在甘肃东南部分布。另一方面, 在 90%、95% 和 99% 的置信水平下, 冷点地区数量和热点地区数量相同, 聚集分布在河西地区。不显著地区是药用植物资源物种丰富度高值或低值的过度区域, 总数最多, 占总县(区)数的 77.01%。见图 4。

4 冷/热点区域自然驱动因子空间分布

基于甘肃省生态因子, 利用 ArcGIS 软件, 提取冷热点区域植被类型及面积、土壤质地类型及面积、年平均降雨量、年平均气温和海拔等自然驱动

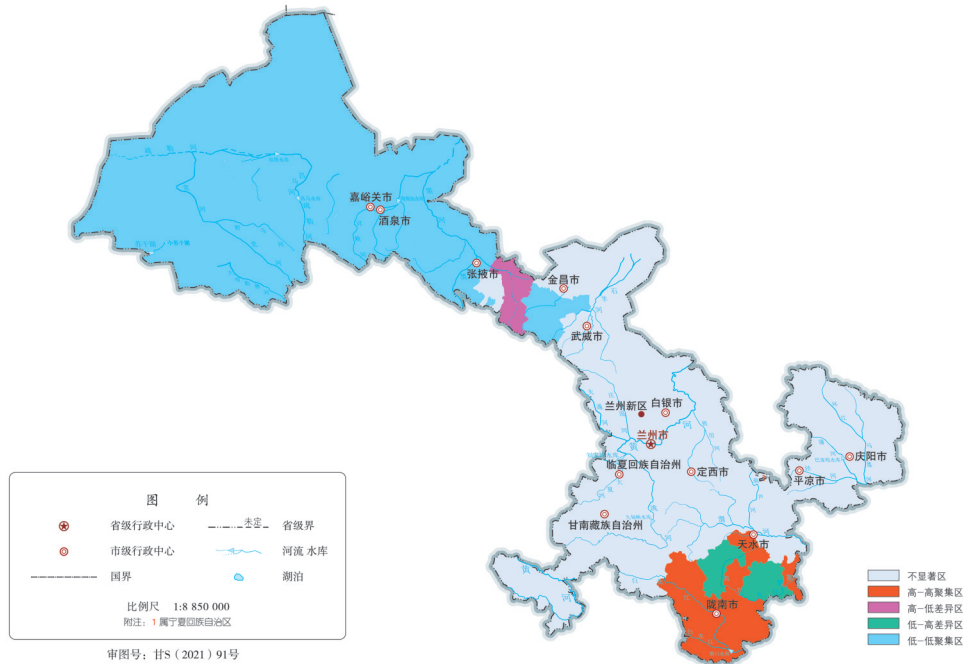


图3 甘肃省药用植物资源种类数空间自相关显著性检验 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 3 Spatial autocorrelation of species number of medicinal plants in Gansu province

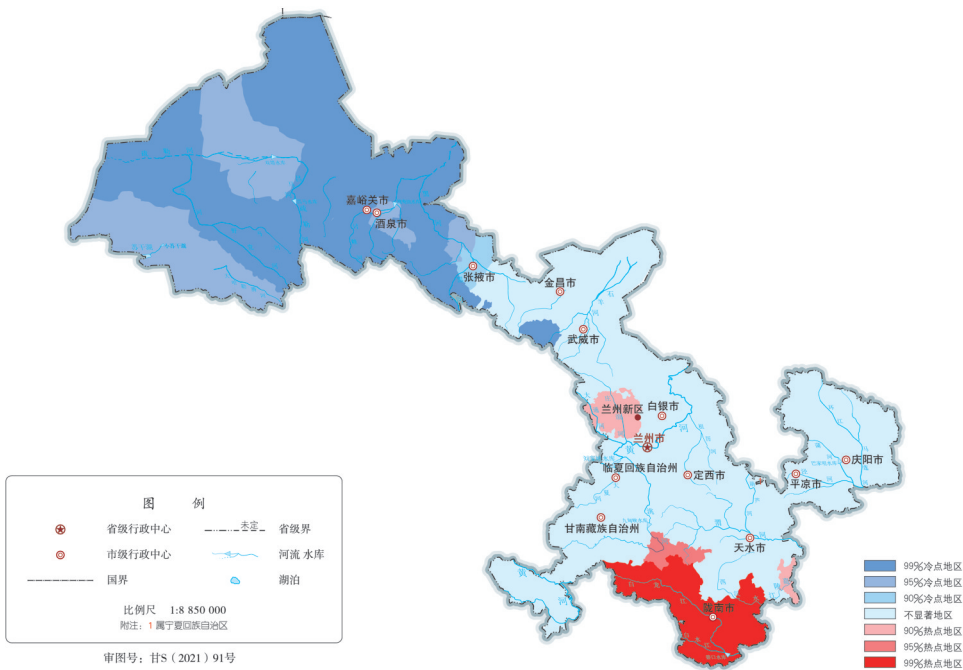


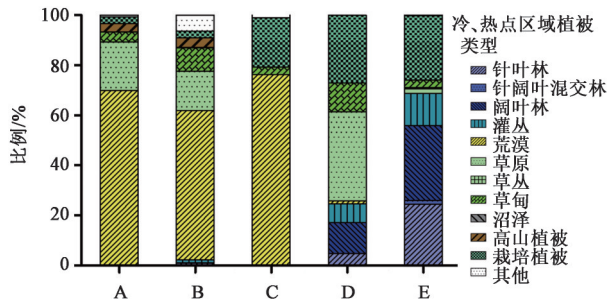
图4 甘肃省药用植物资源种类热点分析 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 4 Hot spot analysis of medicinal plant resources in Gansu province

因子,结合药用植物资源 G_i^* 指数,进一步分析各自然驱动因子空间分布于药用植物资源种类空间分布特征的相关性。

4.1 冷/热点区域植被类型空间分布特征 冷/热点区域植被类型占比见图5,在99%、95%和90%的置信水平下,冷点区域植被类型主要以荒漠为主,分

别占69.84%、59.64%和76.18%。热点地区,在90%的置信水平下,植被类型以草原为主,占35.59%,其次是栽培植被,占27.04%,在99%的置信水平下,以阔叶林、栽培植被和针叶林为主,分别占29.86%、25.84%和24.44%,与冷点地区相比,热点地区出现了阔叶林、针叶林以及灌丛。见图6。



注: A~C. 冷点地区 99%、95%、90% 置信水平; D、E. 热点地区 90%、99% 置信水平(图 6 同)

图 5 冷、热点区域植被类型空间分布占比

Fig. 5 Space distribution rate of vegetation types in cold and hot areas

4.2 冷/热点区域土壤质地类型空间分布特征 在冷点区域 99% 和 95% 的置信水平下, 土壤质地类型以壤土、黏壤土和砂质壤土为主, 分别占 46.12%、

29.68%、14.84% 和 49.80%、23.59%、14.55%, 而在 90% 的置信水平下, 除黏壤土占比最高, 占 29.31% 外, 砂土次之, 占 23.39%。在热点区域 90% 和 99% 的置信水平下, 土壤质地类型中壤土比重最大, 分别占 76.71% 和 76.32%, 与冷点地区相比, 热点地区还有壤砂土组成。见图 7。

冷/热点区域土壤质地空间分布特征, 冷点区域集中分布在河西地区, 中部主要以黏壤土和砂土为主, 主要分布在金塔、玉门、瓜州北部和南部、敦煌西部和东南部; 南部即祁连山北麓, 则主要以砂质壤土为主, 主要分布在阿克塞东南部、肃北南部、肃南西部及东南部。热点区域集中分布在陇南地区和甘南东南部, 土壤质地类型主要以壤土和砂质黏壤土为主, 主要分布在文县、武都北部、康县北部、礼县、宕昌、舟曲、迭部、岷县东南部、永登等地区。见图 8。

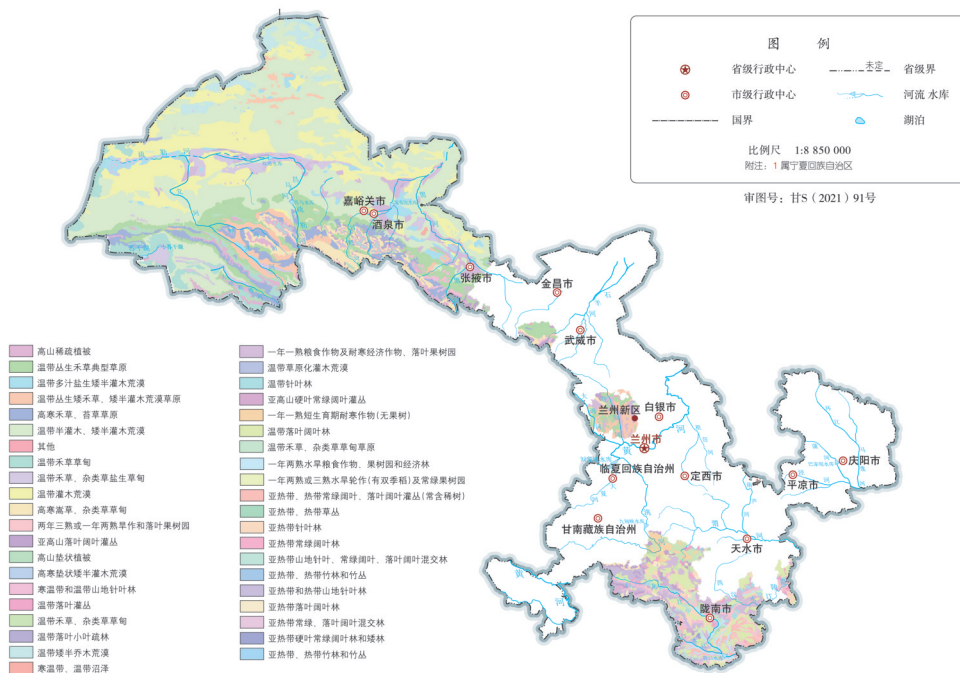


图 6 冷、热点区域植被类型空间分布 [审图号: 甘 S(2021)91 号]

Fig. 6 Space distribution of vegetation types in cold and hot areas

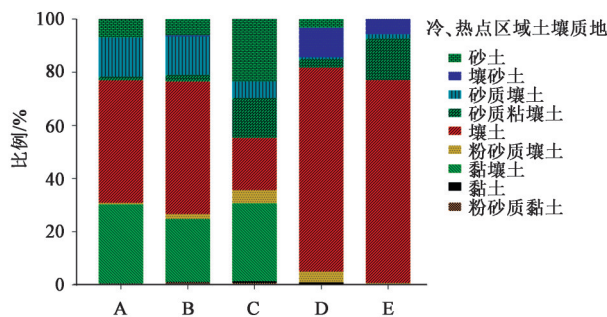


图 7 冷、热点区域土壤质地类型

Fig. 7 Soil texture type in cold and hot areas

4.3 冷、热点区域年平均降雨量空间分布特征 对冷、热点所在区域的年平均降雨量进行统计, 并采用自然间断法进行分级。冷点地区北部、西部和中部地区年平均降雨量最少, 在 15~123 mm, 南部相对较多, 肃南东部和南部最多, 在 320~535 mm。热点地区年平均降雨量除中部的永登县最低, 在 312~476 mm 外, 其余大部分地区年平均降雨量在 608~736 mm, 康县、武都南部、舟曲年平均降雨量最多, 在 736~960 mm。总体来说, 冷、热点区域年均降雨

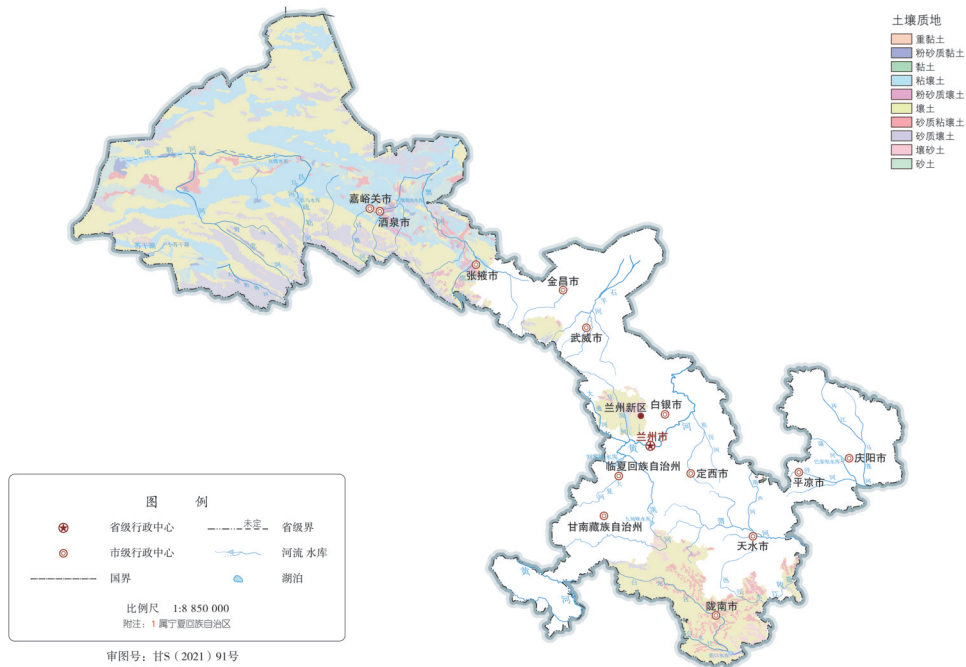


图8 冷点区域土壤质地类型空间分布 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 8 Soil texture type spatial distribution in cold areas

量呈现显著的空间差异性,即由西北部的冷点区域

向东南部的热点区域呈逐渐递增的趋势。见图9。

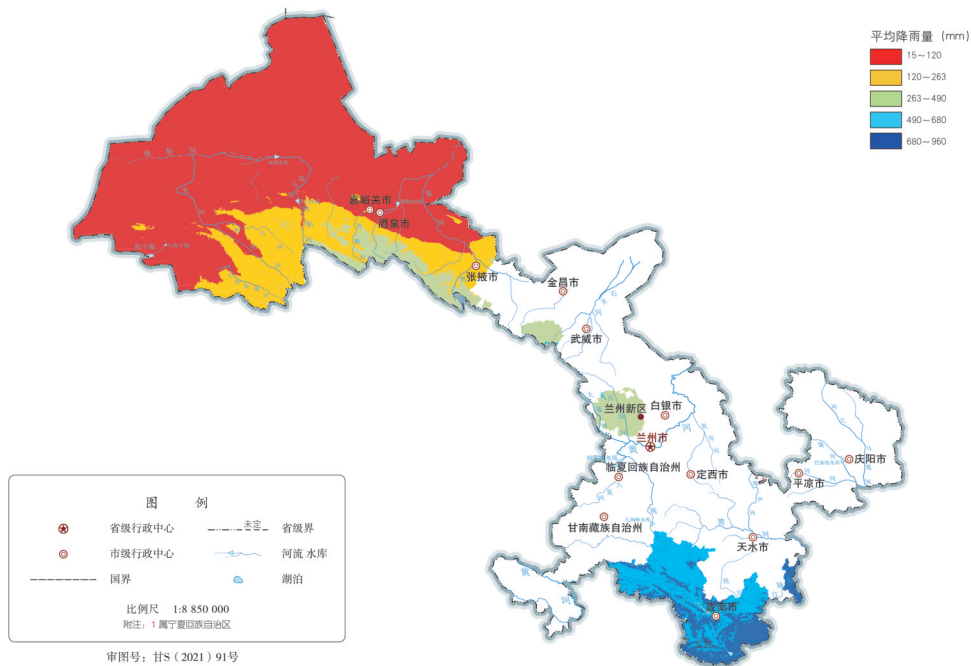


图9 冷点区域年平均降雨量空间分布 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 9 Average annual rainfall spatial distribution in cold areas

4.4 冷、热点区域年平均气温空间分布特征 采用自然间断法对冷、热点区域年平均气温进行分级。冷点地区年平均气温可划分为3部分,即最冷区域南部-13.6~-4℃,最热区域中部7.2~11.7℃,北部次之。热点地区年平均温度以东南部的康县、武

都、文县最高,在11.6~17.1℃,迭部、舟曲相对较冷,在-4.4~2.8℃。见图10。

4.5 冷、热点区域海拔空间分布特征 冷/热点区域间海拔空间分布特征与年平均气温空间分布特征一致。冷点区域可大致分为3个区,主要分布在

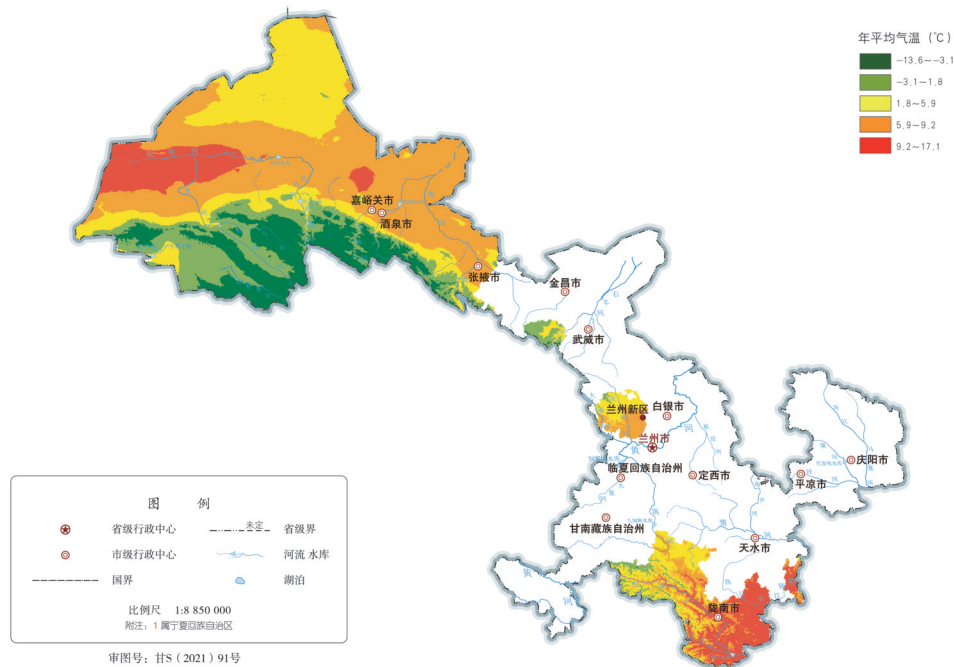


图10 冷点区域年平均气温空间分布 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 10 Annual average temperature spatial distribution in cold areas

南部即祁连山北麓,海拔最高,在3 141~5 772 m,最低区主要分布在中部的瓜州、玉门、金塔、敦煌、高台、临泽,海拔在723~1 533 m。热点区域中海拔最低区主要分布在康县、武都、文县,海拔在525~

1 493 m,迭部、舟曲西南部、岷县地区相对海拔较高,分布在2 498~4 762 m。整体来说,冷/热点地区海拔落差悬殊,空间分布差异显著,具有统计学意义。见图11。

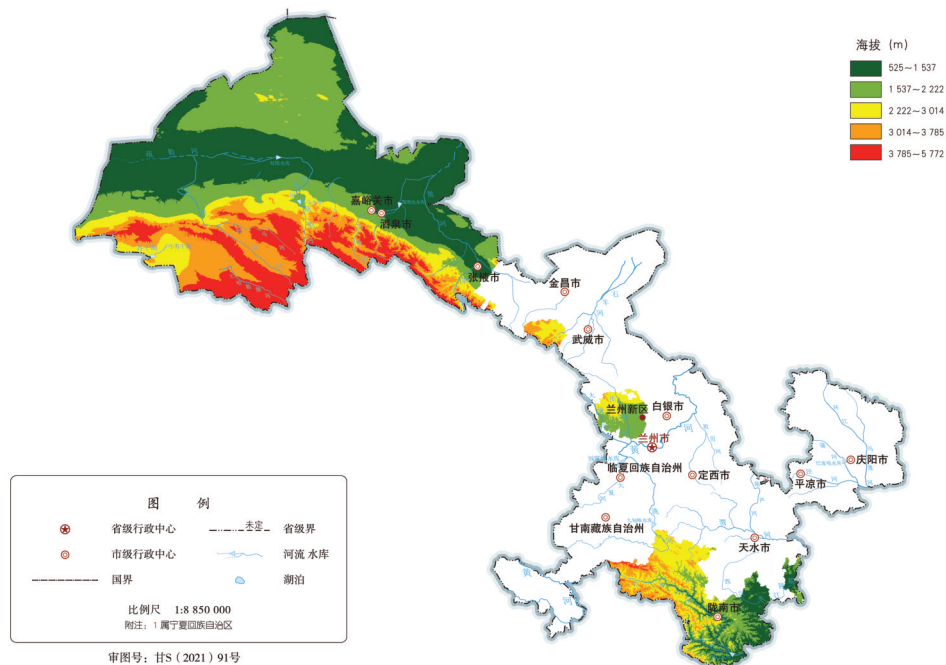


图11 热点区域海拔空间分布 [审图号:甘S(2021)91号]

Fig. 11 Elevation and spatial distribution in hot areas

5 讨论

以县(区)为基本单位,调查目标区域的种类丰

度(种类数量),分析药用植物资源种类丰富度的大型空间(省级或国家级)分布特征,是第四次全国

中药资源普查的核心任务^[23]。本研究在多个空间统计分析结果的基础上,发现甘肃省药用植物资源种类丰富度空间分布均存在显著性差异,且与自然驱动因子具有一定的相关性。

甘肃省药用植物资源种类丰富的地区主要聚集分布在东南部,河西地区资源相对较贫乏,整体表现出从西北向东南逐渐增多的空间分布格局,具有高度的空间聚集和显著的空间自相关。造成这种现象的主要原因是由气候分布造成的。种类丰富度较高的地区与亚热带季风气候分布区基本相同,亚热带季风气候地区一般具有较高的温度和降水,可能是导致植物种类丰富度较高的直接因素。而甘肃省由东南向西北气候类型是从亚热带季风气候逐渐变为温带大陆性干旱气候,随着其向甘肃省西北部移动,逐渐远离海洋,温带大陆性气候的特征越来越明显,降水量也逐渐下降(<http://www.gansu.gov.cn>),这可能是植物种类丰富度逐渐下降的重要原因,这与先前探究植物大尺度分布格局、物种丰富度与气候环境因子间相关性的研究结果一致^[24]。

自然驱动因子是影响药用植物资源多样性的重要因子,也是影响其空间分异格局的主导因子,其变化对药用植物资源的多样性及空间分布具有显著差异。植被类型对植物的空间分异影响也较大,热点区域较冷点区域较冷点区域有阔叶林、针叶林的分布,研究结果与前人的研究基本一致^[8,25]。再者,土壤质地类型也是决定药用植物资源空间分异的主要因子,不仅影响植物自身的生长,也限制着植物的丰富度和空间分布^[10],本研究表明不同土壤质地类型的构成比对药用植物的丰富度和空间分布影响较大。降雨量的不足也不利于植物的生长,本研究冷点区域(河西地区)年均降水量极少,大部分地区在15~123 mm,热点区域(甘肃东南部)大部分区域年均降雨量在608~960 mm,说明充足的降雨量有利于植物生长,这与前人研究结果相符^[26-27]。同样,气温对植物资源空间分布影响更大^[9,28],对于冷点区域南部的祁连山北麓来说,大部分地区海拔在2 000 m以上,年均气温在-13.6~4 °C,属于高寒阴湿区,孕育了独特的高原药用植物,因此药用植物资源相对较北部和中部的干旱区丰富^[29];对于热点区域来说,年均气温在8.5~17.1 °C,大部分地区集中在陇南亚热带湿润区,雨热条件充足,孕育了红豆杉、杜仲、天麻等珍稀药用植物,因此物种丰富度相对其他区域较高^[29]。总体

来说,冷点区域药用植物资源生长的驱动因子较热点区域的具有显著的差异性,同时也说明自然驱动因子是影响药用植物资源丰富度和空间分异的主导因子。

该研究不仅统计了甘肃省药用植资源种类总数,还分析了其空间分布格局与自然驱动因子的相关性。研究结果不仅可用于甘肃药用植物资源的多样性保护和可持续利用,也可用于经济、社会、生态效益的协调与发展。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

[参考文献]

- [1] 郭兰萍. 第四次全国中药资源普查的实施准备[J]. 中国现代中药, 2009, 11(2): 3-5.
- [2] 黄璐琦, 赵润怀, 陈士林, 等. 第四次全国中药资源普查筹备与试点工作进展[J]. 中国现代中药, 2012, 14(1): 13-15.
- [3] 张小波, 邱智东, 王慧, 等. 吉林省中药资源种类空间分布差异研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4336-4340.
- [4] 夏素娟, 刘旻霞, 朱恭, 等. 荒漠植物红砂与西北针茅种群的空间格局及其关联性[J]. 西北植物学报, 2018, 38(11): 2129-2137.
- [5] 冯建孟. 中国种子植物物种多样性的大尺度分布格局及其气候解释[J]. 生物多样性, 2008, 16(5): 470-476.
- [6] 刘冠成, 黄雅曦, 王庆贵, 等. 环境因子对植物物种多样性的影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2018, 34(13): 83-89.
- [7] 王娜云, 蒋建军, 陈孟奇, 等. 甘肃省NDVI时空演变特征及其与区域气候的响应[J]. 林业资源管理, 2018(1): 109-116.
- [8] 郭锐, 朱燕君, 王介民, 等. 近22年来西北不同类型植被NDVI变化与气候因子的关系[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 319-327.
- [9] 马有绚, 张武, 向亚飞, 等. 西北干旱半干旱地区植被指数对气温和水分因子的响应[C]//第34届中国气象学会年会S4重大气象干旱成因、物理机制、监测预测与影响论文集, 出版者不详. 2017: 75-89.
- [10] 刘丙霞. 黄土区典型灌草植被土壤水分时空分布及其植被承载力研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2015.
- [11] 王巧玲, 花立民, 杨思维. 1982~2006年祁连山北麓草原植被指数与气候及载畜量的关系[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(4): 127-135.
- [12] 张志达, 于应文, 花立民, 等. 甘肃省野生维管植物多样性分布格局分析[J]. 草业学报, 2014, 23(1):

- 22-30.
- [13] 田方. 甘肃药用种子植物区系研究[D]. 兰州:西北师范大学, 2007.
- [14] JING J, GE M, YANG Z, et al. Spatial distribution characteristics of tumor marker CA724 reference values in China[J]. *Cancer Med*, 2019, 8(9): 4465-4474.
- [15] 刘剑清, 龙舒婷, 赵光印. 我国省域科技金融发展水平空间统计分析——基于Moran's *I*指数与Lisa指数的组合研究[J]. *浙江树人大学学报:人文社会科学*, 2018, 18(5): 43-50.
- [16] SCHINKEL C C F, SYNGELAKI E, KIRCHHEIMER B, et al. Epigenetic patterns and geographical parthenogenesis in the alpine plant species *Ranunculus kuepferi* (Ranunculaceae) [J]. *In Mol Sci*, 2021, doi: 10.3390/ijms21093318.
- [17] 张明旭, 景志贤, 史婷婷, 等. 内蒙古阴山地区药用植物资源种类空间分布差异研究[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(21): 5143-5149.
- [18] HU X, HONG W, QIU R, et al. Geographic variations of ecosystem service intensity in Fuzhou City, China [J]. *Sci Total Environ*, 2015: 215-226, 512-513.
- [19] MA T, JIANG D, QUZHEN G, et al. Factors influencing the spatial distribution of cystic echinococcosis in Tibet, China [J]. *Sci Total Environ*, 2021, 754: 142229.
- [20] 宋海龙, 景志贤, 石磊岭, 等. 新疆吐鲁番盆地中药资源分布特征[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(24): 5951-5957.
- [21] 洪逸圆. 生态系统服务集指数构建、时空动态呈现及驱动力分析[D]. 杭州:浙江大学, 2020.
- [22] 汤国安, 杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社, 2012: 155.
- [23] 张小波, 李梦, 王慧, 等. 全国中药资源普查中位置信息获取和共享应用设计[J]. *中国中药杂志*, 2017, 42(22): 4271-4276.
- [24] XU X DIMITROV D, SHRESTHA N, C RAHBEK, et al. A consistent species richness-climate relationship for oaks across the Northern Hemisphere [J]. *Global Ecol Biogeog*, 2019, 28: 1051-1066.
- [25] QIU B, ZHONG M, ZENG C, et al. Effect of topography and accessibility on vegetation dynamic pattern in mountain-hill region [J]. *J Mountain Sci*, 2012, 9(6): 879-890.
- [26] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 1983—1992年中国陆地NDVI变化的气候因子驱动分析[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(6): 716-720.
- [27] YANG XUEMEI, LIU SHIZENG, YANG TAIBAO, et al. Spatial-temporal dynamics of desert vegetation and its responses to climatic variations over the last three decades: A case study of hexi region in northwest China [J]. *J Arid Land*, 2016, 8(4): 556-568.
- [28] 曹博, 张勃, 马彬, 等. 2000—2014年甘肃省NDVI时空变化特征[J]. *中国沙漠*, 2018, 38(2): 418-427.
- [29] 陈垣. 甘肃药用植物资源现状及濒危资源保护对策[J]. *中药研究与信息*, 2000(10): 27-29.

[责任编辑 顾雪竹]