

基于遥感和地理信息系统技术宁夏枸杞适宜性的分布范围

余 意¹ 李 静^{2,3} 张小波³

(1 无限极(中国)有限公司,广州,510663; 2 陕西中医药大学药学院,西安,712046; 3 中国中医科学院中药资源中心,道地药材国家重点实验室培育基地,北京,100700)

摘要 宁夏枸杞为中药材枸杞子在《中国药典》中收录的唯一药用基原植物,其主要分布于我国北部的宁夏、甘肃、青海、内蒙、新疆等地,为常用大宗药材之一。由于需求量大,枸杞子早已供不应求,现大多数枸杞子为引种栽培品,但因各地生态环境、地理条件有诸多差异导致枸杞品质参差不齐,市场流通商品品质混乱。因此本文从文献、第四次中药资源普查与中药资源动态监测工作的基础上,确定出宁夏枸杞分布区域的海拔、年均温、年降水、土壤类型、坡向、日照时数6个因子的范围,并在遥感和地理信息系统(GIS)技术的协助下,结合野外实地调查验证,最终确定宁夏枸杞适宜分布区域。

关键词 宁夏枸杞;枸杞子;适宜性分布;遥感;3S技术;GIS技术;生态环境;空间分布

Research on Suitable Distribution Ningxia Wolfberry Based on Remote Sensing and GIS

Yu Yi¹, Li Jing^{2,3}, Zhang Xiaobo³

(1 Infinitus (China) Co., Ltd., Guangzhou 510663, China; 2 School of Pharmacy, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xi'an 712046, China; 3 State Key Laboratory of Chinese Medicinal Materials, Chinese Medicine Resource Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

Abstract Ningxia wolfberry plant, as the only raw medicinal herbs of Chinese wolfberry, is included in the Pharmacopoeia of People's Republic of China, which is mainly distributed in the northern part of China, such as Ningxia, Gansu, Qinghai, Inner Mongolia, Xinjiang and other places. It is one of the commonly used medicinal materials. Due to the large demand, wild wolfberry has long been in short supply. Now most wolfberry is introduced and cultivated. However, due to many differences in ecological environment and geographical conditions, the quality of wolfberry is uneven, and the quality of market circulation is chaotic. On the basis of the literature research, the fourth survey of traditional Chinese medicine resources and dynamic monitoring data, this paper screened the range of six factors of the latitude and longitude, altitude, annual mean temperature, annual precipitation, soil type, slope and sunshine time of Ningxia wolfberry distribution area, and under the assistance of the remote sensing and GIS technology, with validation of data in the field investigation, ultimately determined the suitable distribution area of Ningxia wolfberry.

Key Words Ningxia wolfberry; Fructus Lycii; Suitability distribution; Remote sensing; 3S technology; GIS technology; Ecological environment; Spatial distribution

中图分类号:R282 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2018.09.052

宁夏枸杞作为我国重要的药食两用植物资源,在治疗体虚气弱、劳累过度而导致的精血亏虚方面疗效奇佳,是老年人以及亚健康人群的补益上品,其商品形式多样除作为中药材外,枸杞保健品、枸杞化妆品等其他形式的商品数不胜数。药典规定宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)为枸杞子的唯一基原植物。《中国植物志》记录宁夏枸杞集中分布于宁夏、甘肃、青海、内蒙、新疆等地。由于各地气候、地理因素差异导致虽然同为宁夏枸杞但果实的外形、大小、色泽、药用效果却不尽相同。因此在此时开展利用遥感和地理信息系统(GIS)技术对宁夏枸杞适宜性分

布范围的研究,实现宁夏枸杞种植栽培因地制宜,显得尤为重要。

利用3S技术进行中药材适宜性分布范围研究取得不错的成果,尚雪等^[1]结合遥感(RS)和GIS技术,根据川牛膝的生长环境,进行因子权重分析,选取了气候、土壤、地形、植被4个生态因子进行分析,最终得出川牛膝的适宜性分布区域,为全面调查川牛膝资源的分布与保护提供科学依据。程武学等^[2]基于TM影像、数字高程模型(DEM)、气象、土壤等数据,利用遥感和GIS技术提取影响因子,对川产道地药材川红花的适宜性空间分布进行研究。

基金项目:中央本级重大增减支项目(2060302);国家重点研发计划(2017YFC1700701);国家科技重大专项(2018ZX09201009);科技基础性工作专项(2013FY114500)

作者简介:余意(1984.06—),男,博士研究生,工程师,高级研发工程师,研究方向:事药材及保健食品,E-mail:yi.yu@infinitus-int.com

通信作者:张小波(1980.10—),男,博士研究生,副研究员,普查办副主任,研究方向:中药资源区划,E-mail:jack110007@163.com

分析现有文献可知,虽然 3S 技术在中药材适宜性分布的大范围内应用效果明显,但还未有应用于枸杞子的适宜性分布范围研究,对于枸杞子的大多数研究仍然集中于对栽培技术、化学成分、质量控制和药理等方面。因而我们立题于遥感与 GIS 技术分析枸杞适宜性分布区域,确立海拔、年均温、年降水、土壤类型、坡向、日照时数 6 个生态因子进行空间叠加分析,结合全国范围土地利用信息和主产区野外实地调查,得到宁夏枸杞的适宜分布区域,对宁夏枸杞资源分布以及科学栽培提供依据。

1 研究背景与方法

1.1 我国地理概况 我国国土辽阔总面积约 960 万 km²,东西相距约 5 000 km,大陆海岸线长达 18 000 km,在东西南北四点的经纬度跨越更是巨大,最东端在黑龙江和乌苏里江的主航道中心线的相交处(135°2′30″E),最西端在帕米尔高原附近(73°29′59.79″E),最南端在立地暗沙(3°31′00″N,东经 112°17′09″E),最北端在漠河以北黑龙江主航道的中心线上(53°33′N,124°20′E)。地势整体上呈现出西高东低的走势,山地、高原、邱陵约占 67%,而盆地和平原约占 33%,在我国西部拥有“世界屋脊”青藏高原,世界第一高峰珠穆朗玛峰,从此往东至内蒙古、新疆地区、黄土高原、四川盆地和云贵高原,共同组成我国的第 2 阶梯,平均海拔多在 1 000 ~ 2 000 m。而在越过大兴安岭 - 太行山 - 巫山 - 武陵山 - 雪峰山一线以东后,自北向南分布着东北平原、华北平原、长江中下游平原是我国的第 3 阶梯平均海拔 500 ~ 1 000 m,再往东是我国大陆架浅海区,平均水深不足 200 m,为我国的第 4 阶梯^[3-4]。由于我国地处世界最大的大陆欧亚大陆,紧邻世界最大海洋太平洋,因而我国的气候深受大陆、大洋影响,冬季会产生由大陆吹向海洋的偏北风,夏季产生由海洋吹向陆地的偏南风。冬季寒冷、干燥、大部地区降水减少、气温降低,北方更为突出。夏季时由太平洋和印度洋而来的季风使得气候温暖、湿润、降水普遍增多。主体上我国的温度带分为 6 类。见表 1^[5]。由于各方面影响,我国年降雨量呈现从东南沿海向西北内陆递减,各地差异巨大,大致上分为 4 类。湿润地区年降水量达到 800 mm 以上,存在于秦岭—淮河以南、青藏高原南部、内蒙古东北部、东北三省东部。半湿润区年降水在 800 ~ 400 mm,从东北平原、华北平原、黄土高原大部分直至青藏高原东南部。半干旱区分布于内蒙古高原、黄土高原一部分地区、以及青藏高原大部,年降水量小于 400 mm。

而干旱区存在于新疆、内蒙古高原西部、青藏高原西北部,年降水小于 200 mm。某些特殊地区,如塔里木、吐鲁番盆地年降水小于 100 mm^[6]。本文此次将以枸杞子的主要分布区宁夏、甘肃、青海、内蒙、新疆等地为主要研究对象,基于这些区域的分布特征(如主要集中于我国的“第 2 阶梯”,海拔在 1 000 ~ 2 000 m,气候条件偏于寒温带,年降水量多在 200 mm 等条件)类比全国范围内的相似地区,找出枸杞子的适宜性分布区域,为研究宁夏枸杞的适宜性分布区域与科学栽培打下基础。

表 1 温度带划分

温度带	≥10℃积温	分布范围
热带	>8 000℃	海南全省和滇、粤、台三省南部
亚热带	4 500 ~ 8 000℃	秦岭—淮河以南,青藏高原以东
暖温带	3 400 ~ 4 500℃	黄河中下游大部分地区及南疆
中温带	1 600 ~ 3 400℃	东北、内蒙古大部分及北疆
寒温带	<1 600℃	黑龙江省北部及内蒙古东北部
青藏高原区	<2 000℃	青藏高原(大部分地区)

1.2 数据来源 全国地区遥感影像数据(包括中国土壤类型空间分布数据)以及来源于中国中医科学院中药资源中心;全国各省行政区矢量边界数据,来源中国中医科学院中药资源中心;药材生长生态因子空间数据,包括高程数字模型(DEM),空间分辨率 85.6 m,来源于 USGS;气象栅格数据,包括中国年平均气温数据和中国年平均降水数据,来源于 CERN 生态综合数据库及共享平台;文献资料来源于中国知网及部分枸杞相关专著。

1.3 研究方法 本研究首先查阅了第四次中药资源普查与中药动态监测数据库以及其他相关的文献资料文献,了解了宁夏枸杞适宜的生长环境,并对其的生态因子进行了分析,然后利用遥感和 GIS 技术进行综合研究,并获得最后的结果。本研究主要采用遥感与 GIS 技术相结合的研究方法,具体研究方法如下:

1)全国土地利用信息提取:1:10 万比例土地利用是以 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源,通过人工目视解译生成;然后利用 ArcGIS10.2 软件,进行坐标转换、裁剪等处理,得到全国土地利用信息,最后参考中国科学院土地资源分类系统并兼顾其他分类标准,对土地利用数据进行了重新归并、分类,分类之后有耕地、林地、草地、建设用地(包括城乡、工矿、居民用地)、水域、未利用土地 6 个土地利用类型。

2)生态因子提取:根据相关资料文献,确定出宁

夏枸杞的适宜生长的生态因子,并提取包括海拔、年均温、年降水、坡向、土壤类型、日照时数、年积温等信息;

3) GIS 的空间分析:利用 GIS 的空间分析技术,分别提取出这 7 个生态因子的适宜分布范围,将其进行空间叠加分析,得到宁夏枸杞适宜分布区域;

4) 野外验证:在相关资料、数据以及野外实地调查验证的支持下,得到宁夏枸杞在全国范围内的适宜分布区域和面积。

2 适宜生态因子提取和区划结果

2.1 提取适宜的海拔 在分析文献后,提取宁夏枸杞生长区域海拔,如郝向峰等^[7]对宁夏枸杞在宁夏自治区的海拔分布进行分析时,认为宁夏枸杞适宜生长在海拔 1 100 ~ 1 200 m 的范围内。吴秀玲等^[8]在研究水分调控对宁夏枸杞光合特性及产量的影响时介绍宁夏枸杞适宜生长海拔为 1 730 m。齐国亮等^[9]在分析影响宁夏枸杞果实多糖含量的气象因子时介绍了宁夏枸杞的海拔分布于 1 110 m、1 806 m、2 988 m。曾凡琳等^[10]在分析宁夏枸杞有效成分与气候因子相关性时对宁夏、甘肃、河北、新疆所分布的宁夏枸杞进行海拔的测量,结果范围在 400 ~ 1 600 m 之间。文怀秀等^[11]则专门研究了青海产野生宁夏枸杞的相关内容,分析了青海省 13 个县的分布海拔在 1 800 ~ 3 200 m。综合上述数据,将宁夏枸杞的海拔分布范围定为 400 ~ 3 200 m 之间。基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取海拔在 400 ~ 3 200 m 的区域,结果见图 1。

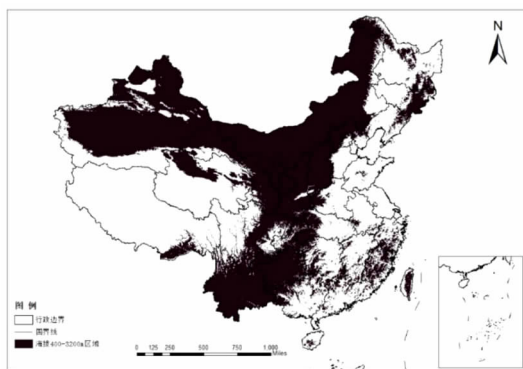


图 1 适宜宁夏枸杞的海拔分布

2.2 提取适宜年均温 分析全国范围内的宁夏枸杞生长地区年均温指标结果如下,张俊华等^[12]在对药用植物宁夏枸杞的土壤细菌群落演替特征进行研究时,对其年均温指标进行测量发现其稳定在 9.5 ℃左右。曾凡琳等^[10]在进行宁夏枸杞有效成分与气候因子相关性分析时,对宁夏、甘肃、河北、新疆 4 地 8 个市县的年均温进行测量,得到 15.8 ℃、15.7

℃、16 ℃、15.3 ℃、15 ℃、14.8 ℃、15.4 ℃、14.6 ℃的一组数据。王有科等^[13]对宁夏枸杞生态环境中的年均温进行测量得到 4 ~ 10 ℃ 的温度范围。林楠等^[18]对不同产地枸杞进行分析时测量宁夏、甘肃、青海 3 个省份的年均温,将其年均温范围定为 4.5 ~ 11 ℃ 之间。综合上述数据,将宁夏枸杞分布地区的年均温范围定在 4.5 ~ 16 ℃。基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取年均温在 4.5 ~ 16 ℃ 的区域见图 2。

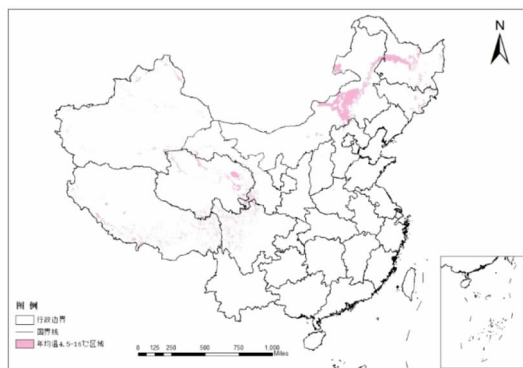


图 2 适宜宁夏枸杞生长的年均温分布

2.3 提取适宜年降水量 宁夏枸杞的生长能力强,在缺水的荒漠也可正常生长,分布范围广泛,田间、路旁、山地、沙漠等都可生长,依据其生长特性,观察筛选出其年降水量大多集中于 200 mm 以下的地区,这些地区多是我国干旱与半干旱的地区。如齐国亮等^[14]对宁夏枸杞果实生长情况的研究中,获悉宁夏枸杞分布于年降水量为 180 ~ 200 mm 的区域。马力文等^[15]对宁夏当地影响枸杞子生长的气候因子进行统计,将年降水量确定在 100 ~ 170 mm 之间。曾凡琳等^[10]则认为枸杞子在 160 ~ 550 mm 的年降水范围内都可存活。钱金娥等对于河北坝上宁夏枸杞的研究中发现宁夏枸杞在雨水较为丰富的河北也可栽培,当地的年降水量为 350 ~ 400 mm^[16]。青海省的某些年降水量不足 50 mm 的地方仍然有宁夏枸杞分布^[17-18]。综合上述数据,将宁夏枸杞分布地区的年降水量范围定在 50 ~ 550 mm。基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取年降水量在 50 ~ 550 mm 的区域见图 3。

2.4 提取适宜含沙量土壤 枸杞适宜生长在沙壤土的特性决定其治理荒漠化的功能,也就道出其可以分布在宁夏、青海等荒漠化地区的原因,另一方面由于宁夏枸杞是少有的耐盐碱植物,只要盐碱度不超过其耐受范围,宁夏枸杞都可以正常生长,这对于国家治理盐碱地大有益处,盐碱化地区农作物及一般绿色植物无法生长,土地贫瘠度更高长期如此,在

该区域寸草不生,还会引发更严重的荒漠化,而这一恶性循环的过程有望被枸杞这一类耐盐碱植物解决,使盐碱地乃至沙地得到重新利用。在分析相关文献与数据后得出在栽培区域中沙壤土是最为适宜宁夏枸杞生长的土壤,其含沙量在 80% 左右^[19-20]。以此为依据基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取含沙量在 75%~85% 的土壤。见图 4。

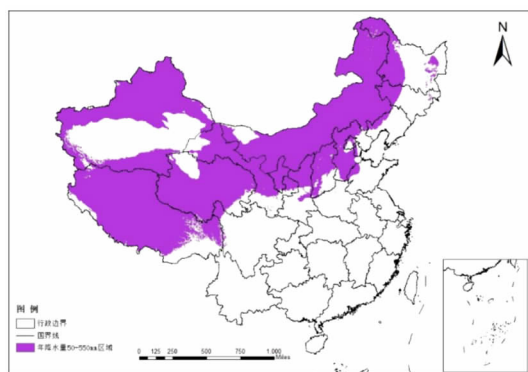


图 3 适宜宁夏枸杞生长的年降水量分布

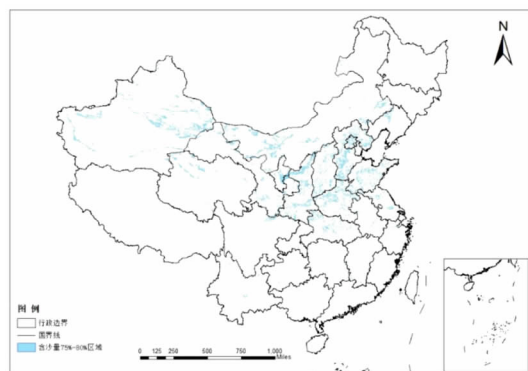


图 4 适宜宁夏枸杞生长的土壤分布

2.5 提取适宜坡向 枸杞虽喜冷凉气候,耐寒力很强,但对于光照的需求很强。光照不足时枸杞植株发育不良,结果也会变少,因此枸杞生长地区坡向的选择与此息息相关,如枸杞生长于西高东低的坡上,太阳光照射时间长,光合作用充足,长势更佳。通过郝向峰和张兴文^[21]的研究中提取枸杞子生长坡向信息为从西南向东北倾斜。而高业新等^[22]、钱金娥等^[16]对于坡度得出相同的结论则充分地证明了这一观点。因此我们将枸杞子的适生坡向定为由西南向东北倾斜。基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取坡向为由西南向东北倾斜的地区。见图 5。

2.6 提取适宜日照时数 对于植物来说光合作用是生长发育不可或缺的步骤,而日照时数是判断植物光合作用情况的一大因素,因此分析不同地区宁夏枸杞的日照时数,对宁夏枸杞的栽培应用至关重要。马力文等^[15]获取宁夏地区日照时数值为 1 640 h。曾凡琳等^[10]对宁夏、甘肃、河北、新疆四地的日

照时数进行统计,结果分布在 2 500~3 000 h。王振宇^[20]分析不同地域宁夏枸杞时,记录宁夏与辽宁日照时数分别为 3 000 h 与 2 000 h。王有科等^[23]、林楠等^[24]对宁夏枸杞日照时数进行提取分布范围在 2 700~3 300 h。综合上述数据,将宁夏枸杞的日照时数范围定为 400~3 200 m 之间。基于全国 DEM 数据应用 ArcGis 提取日照时数在 1 640~3 300 h 的区域,结果见图 6。

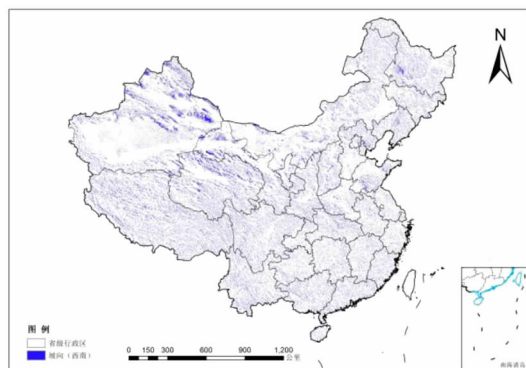


图 5 适宜宁夏枸杞生长的坡向区域

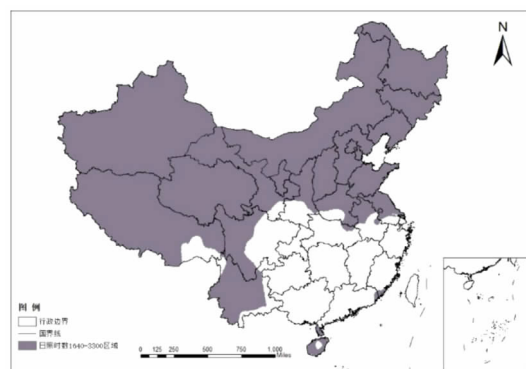


图 6 适宜宁夏枸杞生长的光照时数区域

2.5 宁夏枸杞适宜性分布范围提取 依据 ArcGIS10.2 软件进行空间分析,分别提取出适宜的海拔、适宜年均温、适宜年降水量、适宜土壤类型、适宜坡向、适宜日照时数 6 个生态因子,将这 6 个生态因子制作为单独图层,再将 6 个图层进行叠加,得出枸杞子在全国范围内分布区域预测结果。见图 7。

2.6 野外调查验证 在中国中医科学院中药资源中心提供的全国范围内宁夏枸杞分布数据基础上,结合宁夏枸杞主要栽培区域的野外实测数据来验证分布信息的合理性与科学性。本次调查区域主要分布在宁夏、甘肃、青海、新疆、内蒙古地区见图 7,平均每省选择 2 个以上县,每县选 3 个以上样地进行观测,收集经纬度、土壤、年均温、年积温、日照时数等相关指标,并利用 Arcgis10.2 软件,分析利用实测指标与通过提取生态因子建立的宁夏枸杞适宜分布区的重合程度,验证由遥感与 GIS 进行中药材资源

适宜性分布研究的准确性与可行性。得出适宜枸杞子分布区域与实际采样点比较图。见图 8。

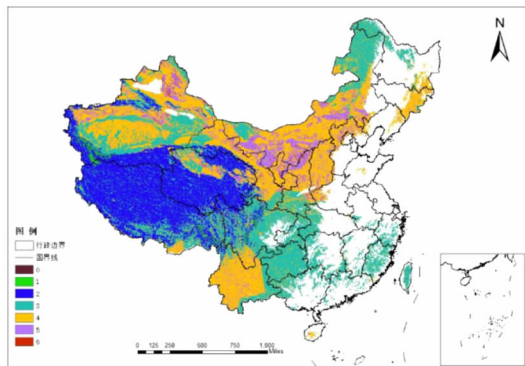


图 7 宁夏枸杞适宜分布区

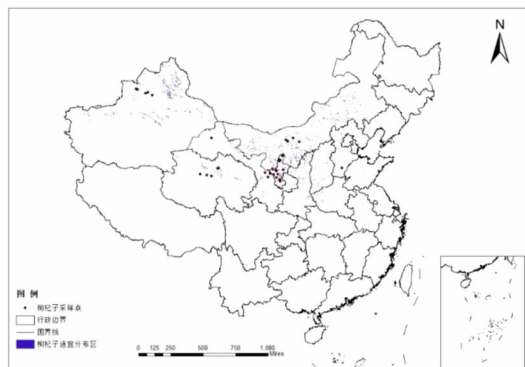


图 8 宁夏枸杞实地采样点与适宜枸杞分布区域

2 讨论

通过上述生态因子的提取与叠加计算最终推出枸杞子适宜分布区域,从图 8 可以看出枸杞子的分布区域主要在我国西北部。作为枸杞子道地产区的宁夏其适宜分布区域集中在中卫、吴忠、银川地区。内蒙古适宜分布的区域为鄂尔多斯、阿拉善盟等地。同时在新疆的大部分地区都较为适合生长枸杞,尤其是塔城及乌鲁木齐等地。青海海西蒙古族藏族自治州与德令哈有适宜性分布的区域。但从图上显示的结果来看,具有悠久枸杞种植历史的甘肃反而适宜性不高。图中对于河北的生态适宜性反应结果不明显,此外发现在陕西的榆林枸杞子的适宜性较高。

本文利用 3S 技术进行中药材适宜性分布范围预测的研究,为枸杞的科学种植与区划栽培给出指导性意见,通过将枸杞子的适宜性分布结果与野外调查的结果的进行比较,可以看出在利用生态因子计算得出的适宜性分布结果图中所有分布地区在野外调查中都采集到了对应的枸杞子样本,由此可见利用遥感与 GIS 技术得出的适宜性分布结果较为可信并且认为陕西榆林的枸杞子适宜性分布率较高,对枸杞子的分布区域有指导与规划的作用。但对于适宜性高低的验证还需进一步考察,例如在甘肃所

显示的适宜性分布概率较低,这与历史上记载的甘肃当地有悠久的枸杞种植历史相冲突。想要深入探索适宜性分布概率预测的准确性还需对各地采收样品的质量进行检测得出较为科学的结果。

参考文献

- [1] 尚雪,董丽君,文路军,等. 基于遥感与 GIS 的四川省牛膝资源适宜性分布研究[J]. 中草药,2016,47(24):4445-4451.
- [2] 程武学,董光,巫明焱,等. 基于 3S 技术的四川省川红花资源适宜性空间分布研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(15):2939-2945.
- [3] 李勇. 中国地理[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2013:10-20.
- [4] 课程教材研究室. 地理(上)·从世界看中国·第一节·辽阔的疆域[M]. 北京:人民教育出版社,2001:4,12.
- [5] 课程教材研究室. 地理(上)·中国的自然环境·第二节·气候多样季风显著[M]. 北京:人民教育出版社,2001:15-18,12.
- [6] 中华人民共和国年鉴. 气候[DB/OL]. http://www.gov.cn/test/2005-07/27/content_17402.html. 2005.
- [7] 刘赛,徐常青,李建领,等. 宁夏枸杞溯源系统建立的关键控制点探讨[J]. 中国中药杂志,2016,41(14):2619-2624.
- [8] 吴秀玲,李智,尹娟. 水分调控对宁夏枸杞光合特性及产量的影响[J]. 节水灌溉,2017,14(4):47-49.
- [9] 齐国亮,苏雪玲,郑国琦,等. 气象因子对宁夏枸杞果实生长及含糖量的影响[J]. 植物学报,2016,51(3):311-321.
- [10] 曾凡琳,王欢,温美佳,等. 宁夏枸杞有效成分与气候因子相关性分析[J]. 中成药,2015,37(12):2696-2701.
- [11] 文怀秀,邵赞,王启兰,等. 不同产地及采收时间青海产野生宁夏枸杞叶片中总黄酮含量的比较[J]. 植物资源与环境学报,2015,24(1):107-109.
- [12] 张俊华,张翼,李明. 药用植物宁夏枸杞(Lycium barbarum L.)土壤细菌群落演替特征[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(3):686-695.
- [13] 王有科,赫卓峰,蒯海明. 宁夏枸杞生产和研究现状调查[J]. 甘肃农业大学学报,1996,31(2):89-92.
- [14] 齐国亮,苏雪玲,郑国琦,等. 气象因子对宁夏枸杞果实生长及含糖量的影响[J]. 植物报,2016,51(3):311-321.
- [15] 马力文,叶殿秀,曹宁,等. 宁夏枸杞气候区划[J]. 气象科学,2009,29(4):546-551.
- [16] 钱金娥,张金香. 河北坝上宁夏枸杞引种栽培研究[J]. 林业科技开发,2006,20(3):66-68.
- [17] 吴广生,唐慧锋,李瑞鹏. 宁夏枸杞在青海的发展现状[J]. 宁夏农林科技,2008,50(2):62,19.
- [18] 林楠,杨宗学,蒯海明,等. 不同产地枸杞质量的比较研究[J]. 甘肃农业大学学报,2013,48(2):34-39.
- [19] 李惠霞,何文寿. 盐碱地土壤肥力对宁夏枸杞产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(10):2571-2574,2578.
- [20] 王振宇. 不同地域宁夏枸杞活性成分的研究[J]. 植物研究,2003,23(3):337-339.
- [21] 郝向峰,张兴文. 宁夏枸杞[J]. 中国标准导报,2015(11):54-59.
- [22] 高业新,李新虎,申建梅,等. 农业生态地质模式与宁夏枸杞适植性研究[J]. 现代农业科技,2009(17):303-305.
- [23] 王有科,赫卓峰,蒯海明. 宁夏枸杞生产和研究现状调查[J]. 甘肃农业大学学报,1996,31(2):90-92,89.
- [24] 林楠,杨宗学,蒯海明,等. 不同产地枸杞质量的比较研究[J]. 甘肃农业大学学报,2013,48(2):34-39.