

DOI: 10.5846/stxb201308292173

马松梅, 聂迎彬, 段霞, 余存生, 王荣学. 蒙古扁桃植物的潜在地理分布及居群保护优先性. 生态学报, 2015, 35(9): 2960-2966.

Ma S M, Nie Y B, Duan X, Yu C S, Wang R X. The potential distribution and population protection priority of *Amygdalus mongolica*. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(9): 2960-2966.

## 蒙古扁桃植物的潜在地理分布及居群保护优先性

马松梅<sup>1,\*</sup>, 聂迎彬<sup>2</sup>, 段霞<sup>3</sup>, 余存生<sup>4</sup>, 王荣学<sup>5</sup>

1 石河子大学理学院地理系, 石河子 832000

2 新疆农垦科学院作物研究所, 石河子 832000

3 内蒙古自治区包头市固阳县林业局, 固阳县 014200

4 内蒙古自治区达尔罕茂明安联合旗林业局, 达尔罕茂明安联合旗 014500

5 内蒙古自治区巴彦淖尔盟林业种苗站, 巴彦淖尔盟 015000

**摘要:** 基于野外调查的分布数据, 利用 GIS 技术与生态位模型 (MAXENT) 模拟、分析、揭示第三纪孑遗、濒危蒙古扁桃植物在亚洲中部荒漠区的潜在地理分布、格局及驱动因子。并将模拟得到的蒙古扁桃在不同地区的平均潜在发生概率与研究区的土地利用数据 (主要公路、铁路及县、地市级居民点用地) 叠加, 进行缓冲分析, 以鉴别该濒危植物的保护区面积, 进而确定各居群的保护优先性。结果表明: (1) 蒙古扁桃的潜在分布都集中在蒙古的南戈壁省及东戈壁省、我国内蒙古自治区巴彦淖尔市、阿拉善左旗、鄂尔多斯高原、锡林郭勒盟西部、河西走廊中部及东部、宁夏回族自治区北部及陕西省北部, 以及河北省北部的部分地区; (2) 反映极端气候条件的极端最低温度和最暖季降水量主要控制了蒙古扁桃的潜在分布; (3) 定量评价了人类活动对蒙古扁桃适生生境的干扰, 获得的核心保护区、缓冲区可以较好地指导该植物的原地保护和不同居群的保护优先性。

**关键词:** 蒙古扁桃; 潜在分布、格局; 驱动因子; 居群保护优先性; MAXENT

## The potential distribution and population protection priority of *Amygdalus mongolica*

MA Songmei<sup>1,\*</sup>, NIE Yingbin<sup>2</sup>, DUAN Xia<sup>3</sup>, YU Cunsheng<sup>4</sup>, WANG Rongxue<sup>5</sup>

1 Department of Geography, College of Science, Shihezi University, Shihezi 832000, China

2 Institute of Crop Research, Xinjiang Academy of Agri-Reclamation Sciences, Shihezi 832000, China

3 Forestry Bureau of Guyang County of Baotou city of Inner Mongolia, Guyang County 014200, China

4 Forestry Bureau of Darhan Muminggan Joint Banner of Inner Mongolia, Darhan Muminggan Joint Banner 014500, China

5 Forestry Seedling Station of Bayannur Meng of Nei Mongol Autonomous Region, Bayannur Meng, Nei Mongol 015000, China

**Abstract:** Basing on the distribution data from field investigation, using GIS and ecological niche model (MAXENT) to simulate, analysis, and to reveal the potential distributions, patterns and determinant factors of *Amygdalus mongolica* in the Central Asian Desert. Buffer analysis, based on the appending of average occurrence probability of *A. mongolica* in different areas and the land use (principal highway, railway, and residents) data of our study area, was carried out for confirming the protection priority of different populations. Results show: (1) the potential distributions concentrated in Alax and East Gobi of Mongolia, in bayannur, Alxa Zuoqi, Ordos Plateau and western XiLin GuoLengmeng of Inner Mongolia, in central and eastern areas of Hexi Corridor, in northern Ningxia Hui Autonomous Region and Shaanxi province, and in the part areas of northern Heibei province; (2) the distribution-influencing factors of *A. mongolica* are mainly the extreme temperature and

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41261011); 石河子大学自然科学一般项目 (ZRKXYB-04)

收稿日期: 2013-08-29; 修订日期: 2014-09-27

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shzmsm@126.com

precipitation; the extremely low temperature and the most drought season precipitation; (3) the disturbance of human activities to suitable habitats of *A. mongolica* was evaluated quantitatively, and the obtained core and buffer areas of reserves, and can guide in situ conservation and protection priority of different populations of this species very well.

**Key Words:** *A. mongolica*; potential distributions and patterns; population protection priority; determinant factors; MAXENT

荒漠区孑遗、濒危植物通常具有破碎、零星或者局限的地理分布,它们的生态位通常局限在十分具体的生境条件,造成获取已知分布数据困难。然而,有关物种地理分布及空间格局的数据对于研究物种的生物地理历史、进化,以及评价物种居群的保护优先性等都具有十分重要的作用。当物种足够的野外调查数据缺乏的时候,生态位模型可以基于有限的已知分布数据模拟、预测物种潜在的地理分布,从而揭示以前不知道的物种居群的分布点,具有较高适生性的分布区及野外调查的关键区域,并可以指导居群的保护优先性及保护计划的实施等,因而具有重要的理论与现实意义。

蒙古扁桃(*Amygdalus mongolica*)隶属于蔷薇科(Rosaceae)桃属(*Amygdalus*),是亚洲中部戈壁荒漠区特有的旱生落叶灌木,国家三级濒危保护植物<sup>[1]</sup>。该种主要分布在中国西北部和蒙古南部海拔 900—2400 m 的丘陵、坡麓、石质坡地及干河床等地,在荒漠区常沿地表透流线生长并成为这些地区的水土保持植物和景观植物。蒙古扁桃在蒙古的地理分布范围主要包括:东戈壁、戈壁阿尔泰和阿拉善戈壁。在中国西北荒漠区,根据我们野外的实地调查,其分布区主要包括:内蒙古阿拉善左旗、乌素图、乌拉特前旗乌拉山、乌拉特中旗、乌拉特后旗、包头大青山西段、宁夏贺兰山自然保护区、甘肃祁连山国家级自然保护区,以及张掖市龙首山松洼沟等地。我们发现,蒙古扁桃的生境岛屿化,分布区面积不断缩小,濒临灭绝的原因主要包括人类采矿、土地开发、工业化及城市化等活动对其生境的严重干扰和破坏。

蒙古扁桃为蒙古高原的古老残遗植物<sup>[1]</sup>,具有较高的科研价值,一直是很多研究的热点。有关该植物的研究主要涉及群落地理分布及生态学<sup>[2-3]</sup>,传粉生态学<sup>[4]</sup>,分子生物学与起源演化<sup>[5]</sup>,以及其形态和解剖学特征<sup>[6]</sup>等。关于蒙古扁桃的地理分布,前人做过一些调查、记录或总结<sup>[3-4]</sup>,但均未作深入的机理探讨。本研究利用野外调查和从标本、文献收集的蒙古扁桃的分布数据(主要是蒙古扁桃在蒙古的分布记录),选择相关的气候因子,利用 GIS 和最大熵(MAXENT)模型模拟、预测蒙古扁桃在亚洲中部荒漠区的潜在地理分布及格局,揭示控制其潜在分布的关键因子,并将获得的潜在分布数据与研究区的土地利用数据(主要公路、铁路、县、地市级居民点用地)叠加,进行缓冲分析,定量评价人类活动对孑遗蒙古扁桃植物适生生境的干扰,以确定各居群的保护优先性。本研究主要解决以下科学问题:(1)蒙古扁桃在亚洲中部荒漠区的地理分布现状如何?最大分布潜力如何?适生的分布区有哪些?在不同地区的适生程度如何?潜在地理分布格局如何?(2)哪些气候因子主要控制了蒙古扁桃的地理分布?(3)人类的土地利用(主要公路、铁路、县、地市级居民点用地)对孑遗蒙古扁桃植物的适生生境造成了怎样的影响?应如何更好地保护蒙古扁桃的自然居群?

## 1 研究方法

### 1.1 选择研究区域

鉴于蒙古扁桃植物残遗、窄域的地理分布特点和现状,选择向蒙古扁桃已知地理分布范围的周围即上下左右四个方向上各扩展一定的距离作为研究区域(70°—115°E, 35°—48°N),用于模拟蒙古扁桃的潜在分布及格局。研究区由北向南包括:蒙古的准噶尔戈壁、外阿尔泰戈壁、阿拉善戈壁和东戈壁;我国西北地区:甘肃河西走廊和甘肃南部、内蒙古西北部和西南部地区、宁夏贺兰山、陕西北部和河北北部地区(图 1)。

### 1.2 分布数据的调查、获取与处理

蒙古扁桃在蒙古南部的分布记录来自中国数字化标本馆(CVH: www.cvh.cn)、CVH 分布式数据检索

(<http://pe.ibcas.ac.cn/sptest/syninvok.aspx>)、《中国果树志 桃卷》、《中亚植物志》,以及已经出版的文献资料<sup>[1,3]</sup>等。如果某个分布点缺少经纬度,则利用 ArcGIS10.0 和 Google Earth 共同确定。

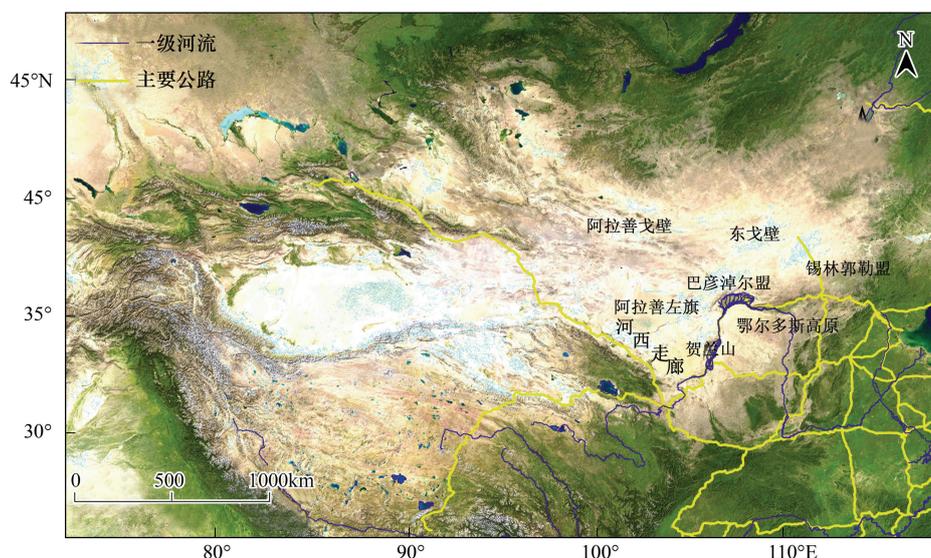


图1 研究区域,包括阿拉善戈壁、东戈壁、阿拉善左旗、巴彦淖尔盟、鄂尔多斯、锡林郭勒盟、河西走廊中部和东部及贺兰山

Fig.1 Study area; includes Alax Gobi, East Gobi, Alax Zuoqi, Bayannur Meng, Ordos Plateau, Xilin Guolemeng, the middle and eastern areas of Hexi Corridor and the Helan Mountains

对于本研究,于2013年7—9月对蒙古扁桃在西北荒漠区的自然分布进行了详细的调查与采样。最终,野外共调查到12个居群分布点,包括内蒙古自治区10个和甘肃省2个(表1,图2,图3)。

表1 蒙古扁桃野外调查的12个居群的基本情况

Table 1 Basic information of the field investigated 12 populations of *Amygdalus mongolica*

| 地区<br>Region | 居群编号及地点<br>Number and location<br>of populations | 纬度<br>Latitude | 经度<br>Longitude | 海拔<br>Altitude/m | 生境<br>Habitat |
|--------------|--|----------------|-----------------|------------------|---------------|
| 内蒙古          | 1 左旗特莫乌拉嘎查                                       | 37°48.908' N   | 104°56.245' E   | 1465             | 沙丘            |
|              | 2 左旗贺兰山  | 38°51.439' N   | 105°50.195' E   | 2102             | 砾石戈壁          |
|              | 3 左旗苏力图嘎查  | 39°55.175' N   | 105°13.255' E   | 1421             | 沙丘或砾石沙丘       |
|              | 4 左旗图克木嘎查  | 40°24.024' N   | 105°42.717' E   | 1388             | 沙丘或砾石沙丘       |
|              | 5 乌素图苏海图   | 39°32.222' N   | 106°35.011' E   | 1280             | 小砾石山坡         |
|              | 6 乌素图大麦力沟  | 39°23.337' N   | 106°38.017' E   | 1382             | 大砾石山坡         |
|              | 7 乌拉特前旗乌拉山                                       | 40°43.898' N   | 109°19.935' E   | 1610             | 大砾石山坡         |
|              | 8 乌拉特中旗乌加禾镇                                      | 41°17.511' N   | 107°34.659' E   | 1107             | 大砾石山坡         |
|              | 9 乌拉特后旗大坝口                                       | 41°04.197' N   | 107°00.718' E   | 1067             | 大砾石山坡         |
|              | 10 包头市大青山  | 40°43.368' N   | 109°54.193' E   | 1195             | 小砾石山坡         |
| 甘肃           | 11 祁连山国家级自然保护区                                   | 38°09.310' N   | 101°49.758' E   | 2498             | 大砾石山坡         |
|              | 12 张掖市龙首山  | 38°47.400' N   | 101°11.401' E   | 2203             | 大砾石山坡         |

### 1.3 气候变量的获取与处理

本研究利用以下9个气候变量数据(1961—1990年):年平均温度、月平均温度变化范围(每月最高温度减去最低温度的平均值)、温度季节性(每年平均温度的标准偏差 $\times 100$ )、最暖月温度、最冷月温度、年平均降水量、降水季节性(变异系数,即每年平均降水量的标准偏差)、最干季降水量和最暖月降水量(<http://www.worldclim.org>,原始分辨率为2.5分)。上述变量通常情况下对物种的地理分布具有较普遍的影响,而且变量之间的相关性较低(相关系数 $r < 0.8$ )<sup>[7]</sup>。

#### 1.4 模型方法预测原理

MAXENT 是一种基于熵最大原理的预测模型<sup>[8]</sup>。最大熵理论认为:在已知条件下,熵最大的事物最接近它的真实状态,因而预测的风险也越小。MAXENT 利用物种的分布和环境数据,探索物种已知分布区的环境特征与研究区域的非随机关系,在满足一定限制条件(能够代表目标分布的不完整信息)的情况下,找到熵最大的概率分布(即离散型均匀分布)作为最优分布,从而用于物种的适生区预测。而且,MAXENT 是在 0—100 的连续尺度上预测每一个栅格的生境适生值,因而可以较好地地区分物种在不同地区的适生程度。如果栅格的值为 100,表明是研究区域内最适生的区域,为 0 则表明不具有适生性。

#### 1.5 模型数据处理

已获得的蒙古扁桃的分布数据十分有限,所以选择留一法(leave one out)构建和评价模型<sup>[9]</sup>。即每次有一个分布点从所有的  $n$  个记录点中被去除,用于评价模型,剩余的  $n-1$  个点被用于训练模型。这样最终可以得到  $n$  套发生数据集和  $n$  个模型。

基于构建的  $n$  个生态位模型,计算 NMAXENT 模拟的蒙古扁桃在研究区每一个栅格内的发生概率的平均值和标准差,这些值反应了基于不同的发生样本构建的模型预测结果的变异性。将  $n$  个预测模型的平均值作为蒙古扁桃最终的预测结果,选择最低存在阈值进行预测结果的解释和可视化。

#### 1.6 缓冲区分析

为了有效地原地保护蒙古扁桃的自然居群及其生境,定量评价人类活动对该植物的适生生境的干扰。方法是利用研究区的土地利用数据(主要公路、铁路、县、地市级居民点用地)剪除已获得的蒙古扁桃的潜在分布数据,并生成残余分布。对获得的残余分布的数据进行缓冲区分析,并按照具体的标准(见下文)构建蒙古扁桃植物的核心保护区和缓冲区,并结合野外的调查,确定不同居群的保护优先性。具体做法是,首先,利用 ArcGIS10.0 将蒙古扁桃潜在发生概率的栅格图层进行重分类,并将分类结果转成矢量。然后,将土地利用数据与潜在分布数据进行剪除分析,并按照公路、铁路、居民点等用地距离蒙古扁桃潜在分布区的远近生成缓冲区。最后,提取潜在发生概率大于 80% 和 60% 的矢量,分别与各个缓冲区进行叠加(剪除),从而建立蒙古扁桃居群的核心保护区和缓冲区。

#### 1.7 驱动因子分析

为了鉴别控制蒙古扁桃潜在分布的关键因子,利用 MAXENT 模型的自动启发式搜索模块,检查了每一个因子对蒙古扁桃每个独立模型的贡献率,然后统计计算 16 个模型(16 个分布点)的累积贡献率。而且,计算了每个限制因子的最大值、最小值、平均值和标准偏差。为了实现这个目标,具体操作是利用 ArcGIS10.0 的随机点发生器在蒙古扁桃的潜在分布图上随机产生 1000 个被预测为存在的点,再和已知分布点结合,用于提取各驱动因子的值。

## 2 研究结果

### 2.1 蒙古扁桃的潜在地理分布格局

留一法(Jackknife)评价结果表明:MAXENT 模型成功地预测到蒙古扁桃的每一个测试点(分布点)为存在(具有适生性),并获得了最高的预测准确率(正确地预测为存在的分布点占有所有分布点的百分比)1,而且预测结果具有显著的统计意义( $P < 0.01$ )。从蒙古扁桃的平均潜在发生概率和标准偏差(图 2)可以看出:各模型的预测结果比较稳定,在核心分布区和绝大多数具有较高适生性的地区(分别指潜在分布概率  $\geq 80\%$  和  $\geq 60\%$  的地区),标准偏差都在 6 以下。而蒙古扁桃在鄂尔多斯南部,陕西北部的极小部分破碎的潜在分布区,各模型预测的标准偏差的范围为 9—10,在陕西最北部的极小部分地区,标准偏差为 11—12。

蒙古扁桃的潜在分布区由北向南基本上集中在蒙古南部的阿拉善戈壁及东戈壁的大部分地区,我国内蒙古自治区巴彦淖尔市、阿拉善盟东南部的阿拉善左旗、鄂尔多斯高原、锡林郭勒盟西部,河西走廊中部及东部地区、宁夏北部、陕西北部,以及河北北部(零星分布)(图 1,图 2)。其中,最适生的分布区(潜在发生概率为

61%—99%)集中在我国内蒙古自治区巴彦淖尔市南部及北部(零星分布)、阿拉善左旗及鄂尔多斯高原的绝大部分地区,河西走廊中部(破碎分布)及东部地区,宁夏北部,以及蒙古东戈壁南部的极小部分地区。

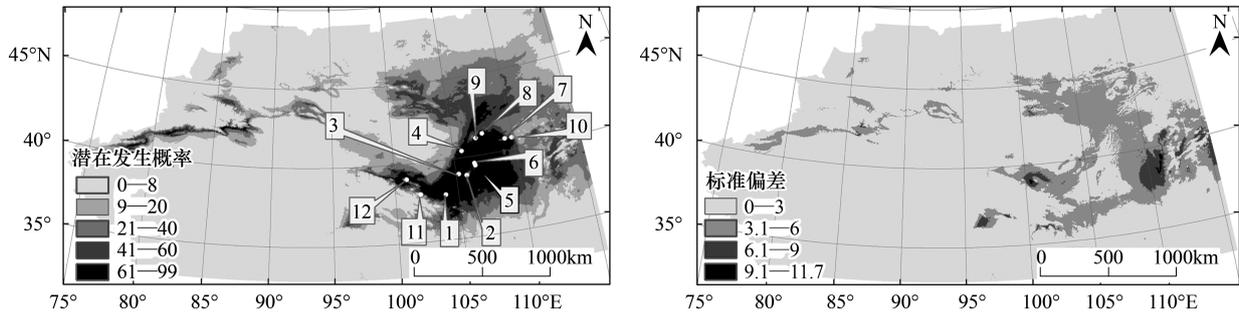


图2 基于野外调查点(白色的点)模拟的蒙古扁桃的潜在地理分布和不同模型的标准偏差

Fig.2 Predicted average occurrence probability based on the field investigated points (white dots) and standard deviation of different models of *Amygdalus mongolica*  
居群编号与表1一致

2.2 控制蒙古扁桃潜在分布的关键因子

不同气候因子对蒙古扁桃潜在分布的累积贡献率见表2。反应极端气候条件的两个因子:极端最低温度和最暖季降水量主要限制了蒙古扁桃的分布,累积贡献率占有所有因子总贡献率的50%以上。其次,反映气候变化范围的因子:温度季节性和降水季节性,反映极端气候的最干季降水量,以及年平均温度对蒙古扁桃潜在分布的累积贡献率达40%以上。此外,极端最高温度、年平均降水量,以及月均温变化范围也对蒙古扁桃的分布具有一定影响。

上述驱动因子的最大值、最小值、平均值及标准偏差见表3。可以看出,蒙古扁桃的潜在分布对应的温度

表2 MAXENT 分析定义的各气候因子对蒙古扁桃潜在分布的累积贡献率

Table 2 The accumulated contribution of each climate variable to the potential distributions of *Amygdalus mongolica* defined by MAXENT

| 气候变量<br>Climate variables                  | 累积贡献率<br>Cumulative contribution | 气候变量<br>Climate variables                  | 累积贡献率<br>Cumulative contribution |
|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| 极端最低温度<br>Min temperature of coldest month | 26.94(±2.22)                     | 年平均温度<br>Mean annual temperature           | 4.42(±0.92)                      |
| 最暖季降水量<br>Precipitation of warmest quarter | 26.36(±1.01)                     | 极端最高温度<br>Max temperature of warmest month | 3.36(±0.25)                      |
| 温度季节性<br>Temperature seasonality           | 19.80(±2.88)                     | 年平均降水量<br>Annual precipitation             | 1.27(±0.55)                      |
| 最干季降水量<br>Precipitation of driest quarter  | 9.66(±0.89)                      | 月均温度变化范围<br>Mean diurnal range             | 0.88(±0.43)                      |
| 降水季节性<br>Precipitation seasonality         | 7.31(±0.36)                      |  |                                  |

表3 蒙古扁桃潜在分布对应的主要气候指标

Table 3 The main climate indices affecting the potential distributions of *Amygdalus mongolica*

| 气候指标<br>climate index                         | 最大值<br>Maximum value | 最小值<br>Minimum value | 均值<br>Mean value | 标准偏差<br>Standard deviation |
|---|----------------------|----------------------|------------------|----------------------------|
| 极端最低温度<br>Min temperature of coldest month/°C | -13.5                | -23                  | -17.4            | 0.89                       |
| 最暖季降水量<br>Precipitation of warmest quarter/mm | 271                  | 57                   | 139              | 18                         |
| 温度季节性<br>Temperature seasonality              | 12.94                | 9.74                 | 11.65            | 1.12                       |
| 最干季降水量<br>Precipitation of driest quarter/mm  | 120                  | 20                   | 50               | 12                         |

因子的变幅相对较小,如极端最低温度和温度季节性的范围分别介于 $-17.4—13.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $11.65—12.94\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,并且两因子的最大值和最小值,以及和均值的差异都较小。然而,蒙古扁桃的潜在分布对应的降水因子的变幅相对较大,如最暖季和最干季的降水量分别介于 $139—271\text{ mm}$ 和 $20—120\text{ mm}$ 之间。

### 2.3 蒙古扁桃潜在适生分布区的缓冲分析

为了更好地指导蒙古扁桃居群的原地保护,基于土地利用数据定量评价了人类活动对蒙古扁桃的潜在适生生境的影响,共鉴定了12个核心保护区和7个缓冲区(图3)。

蒙古扁桃的核心保护区首先包括野外调查到的蒙古扁桃的集中分布区:如腾格里沙漠西南缘的部分地区、阿拉善左旗、乌苏图、乌拉特前旗、乌拉特中旗、乌拉特后旗、包头大青山西段、甘肃河西走廊中部的部分地区及宁夏贺兰山等。其次,向东还包括鄂尔多斯、乌审旗等。而且,根据野外调查,由于土地开发、工业化、城市化、旅游等人类活动,目前,很多核心保护区正在遭受严重破坏,如左旗特莫乌拉嘎查、乌素图苏海图、乌素图大麦力沟、乌拉特后旗大坝口、乌拉特中旗乌加禾镇

(图3中编号为1,5,6,8,9的居群),应给与优先保护,并加大保护力度。其次应该优先保护左旗苏力图嘎查、左旗图克木嘎查、乌拉特前旗乌拉山、包头市大青山4个居群(图3中编号为3,4,7,10的居群)。最后保护的是保护区范围内的3个居群:左旗贺兰山、祁连山国家级自然保护区、张掖市龙首山(图3中编号为2,11,12的居群)。

### 3 讨论

本研究表明 MAXENT 模型基于野外观察的蒙古扁桃植物的生态位,成功地预测、识别了和其野外调查点具有较高环境相似性的潜在分布区,这不仅避免了人为的主观偏见,也补充了已有分布记录的不足。而且,模型灵敏地识别、展示了一些野外不容易发现的较小的适生区,如:蒙古扁桃在蒙古东戈壁东部、我国甘肃河西走廊中部、河北北部等地区的极小适生区(图2)。模型界定的蒙古扁桃的潜在生态位较好地反应了该植物的分布和环境条件之间的匹配。反映极端气候条件的极端最低温和最暖季降水量主要限制了蒙古扁桃的地理分布(表2)。这说明,最低温度和最大降水量是控制蒙古扁桃分布范围的主要因子。而且,本研究也发现蒙古扁桃的分布区具有较小的温度因子变幅和相对较大的降水因子变幅(表3),这也在一定程度上反应了蒙古扁桃作为荒漠区典型的旱生灌木具有较强的适应干旱的能力。蒙古扁桃耐旱的重要机制之一可能是水分亏缺时大幅度降低蒸腾速率<sup>[10]</sup>。而且,前人的研究还表明蒙古扁桃的抗旱性与其生长地的环境条件密切相关。这也反映出蒙古扁桃自然分布区的降水的变异性大于温度,进而说明该植物的降水生态幅大于温度生态幅。

蒙古扁桃最适生的潜在分布区(潜在发生概率为61%—99%)主要集中在内蒙古自治区的中部与南部地区:阿拉善左旗、鄂尔多斯高原的大部分地区、巴彦淖尔市南部、河西走廊中部及东部地区及宁夏北部地区。上述地区相对都是环境异质性较高,水、热组合比较好的地段:(1)每年的降水量相对较高,总体上在 $100—200\text{ mm}$ ;(2)最大潜在蒸发率与其他荒漠区相比处于相对较低水平,是 $2—5$ ;(3)多样化的地形条件,主要是砾质荒漠、低山残丘、沙丘等<sup>[11]</sup>。这些结果也在一定程度上支持:蒙古扁桃在荒漠区常沿水热条件较好的地表透流线生长,因而形成荒漠区的“绿色长廊”<sup>[3]</sup>。

本研究评价的人类的土地利用活动(基于主要公路、铁路及县、地市级居民点用地)对蒙古扁桃的潜在分布区(也是集中分布区)产生了较大的影响(图3)。模型鉴别的很多连续的潜在适生区因被道路、居民点分

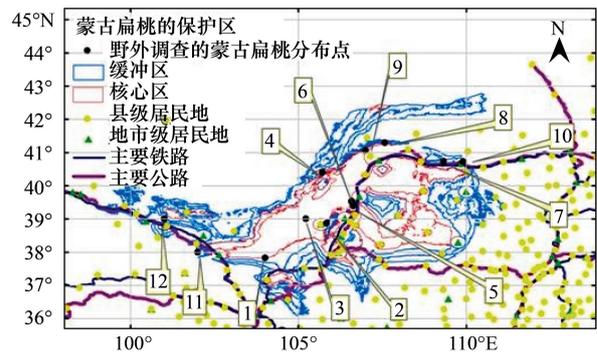


图3 缓冲分析结果基于蒙古扁桃的平均潜在发生概率和研究区的土地利用数据(主要公路、铁路、县、地市级居民点用地)

Fig.3 Results of buffer analyses based on average occurrence probability of *Amygdalus mongolica* and the land use of our study area

分布点的居群编号与表1一致

割而破碎。还有许多适生的生境被转化成了居民点用地等。人类对蒙古扁桃自然生境的干预不仅影响它的交配系统还会影响其遗传基因等的扩散方式,进而导致该植物的濒危<sup>[12]</sup>。所以,本研究得到的蒙古扁桃的核心保护区和缓冲区可以直接、有效地指导该植物居群的原地保护。在现存的时间、金钱和资源都有限的情况下,建立现存保护区面积要比构建新的保护区有效的多<sup>[13-14]</sup>。根据野外调查,核心保护区的几个居群:左旗特莫乌拉嘎查、乌素图苏海图、乌素图大麦力沟、乌拉特后旗大坝口、乌拉特中旗乌加禾镇(图1中编号为1,5,6,8,9的居群)正在遭受人类活动的严重威胁,应加大保护力度,控制、阻止蒙古扁桃的自然资源被进一步破坏,这对遗传多样性的保护也具有十分重要的现实意义。而且,近年来,由于蒙古扁桃分布区周边农牧民的过度樵采、放牧,造成其居群数量锐减,分布范围急剧缩小,濒临灭绝。所以,目前,有效地保护、保存蒙古扁桃的原生生境和现有的居群及个体,都是对这一濒危植物进行原地保护的重要途径。另外,最大熵模型的预测和缓冲区分析也为蒙古扁桃的迁地保护提供了最基本的科学依据:可以鉴别出对蒙古扁桃具有较高适生性的潜在分布区,从而指导迁地保护,进而可以扩大蒙古扁桃的种群数量和分布范围。而且,本研究的结果也重申了最大熵模型基于较少的已知分布点进行物种潜在分布区预测的可行性。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 傅立国. 中国植物红皮书. 北京: 科学出版社, 1991.
- [ 2 ] 姬钟亮, 钱安东. 长柄扁桃和蒙古扁桃在我国自然分布区的调查. 中国果树, 1981, 2: 38-40.
- [ 3 ] 赵一之. 蒙古扁桃的植物区系地理分布研究. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1995, 26(6): 713-715.
- [ 4 ] 方海涛, 斯琴巴特. 蒙古扁桃的花部综合特征与虫媒传粉. 生态学报, 2007, 26(2): 177-181.
- [ 5 ] 曾斌, 李疆, 罗淑萍, 程运江. 扁桃属植物种质资源鉴定的 SSR 分析研究. 新疆农业科学, 2009, 46(1): 18-22.
- [ 6 ] 俞德浚. 中国果树分类学. 北京: 农业出版社, 1979: 25-81.
- [ 7 ] Anderson R P, Lew D, Peterson A T. Evaluating predictive models of species' distributions; criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling*, 2003, 162: 11-232.
- [ 8 ] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [ 9 ] Fielding A H, Bell J F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 1997, 24(1): 38-49.
- [ 10 ] 秀敏. 荒漠植物蒙古扁桃生物学特性研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2005.
- [ 11 ] Ma S M, Zhang M L, Ni J, Chen X. Modelling the geographical distributions of endemic genera in the eastern Central Asian desert. *Nordic Journal of Botany*, 2012, 30(3): 372-384.
- [ 12 ] 严子柱, 李爱德, 李得禄, 李昌龙. 珍稀濒危保护植物蒙古扁桃的生长特性研究. *西北植物学报*, 2007, 27(3): 625-628.
- [ 13 ] Fuller T, Munguia M, Mayfield M, Sanchez-Cordero V, Sarkar S. Incorporating connectivity into conservation planning: a multi-criteria case study from Central Mexico. *Biological Conservation*, 2006, 133(2): 131-142.
- [ 14 ] Strier K B. *Conservation // Campbell C J, Fuentes A, Mackinnon K C, Panger M, Bearder S K. Primates in Perspective*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2007: 496-509.