

基于 3S 技术内蒙古地区野生黄芩储量估算研究

刘金欣^{1,2}, 李耿³, 夏艳华¹, 马春虎¹, 赵春颖^{1*}, 孟繁蕴^{2*}

1. 承德医学院 河北省中药研究与开发重点实验室, 河北 承德 067000

2. 北京师范大学 中药资源保护与利用北京市重点实验室, 北京 100875

3. 中日友好医院, 北京 100029

摘要: 目的 对内蒙古地区野生黄芩 *Scutellaria baicalensis* 的资源进行调查, 并估算野生黄芩的储量。方法 采用 3S 技术和分层实地调研相结合的方法选取了植被类型、海拔、年降雨量和年均温 4 个指标, 作为内蒙古地区野生黄芩重要生境划分指标。根据野生黄芩在内蒙古地区的生境适宜性情况, 对 4 个指标进行分层, 各指标均分为最适宜、适宜、次适宜、不适宜 4 个层, 从不同的层里采用简单随机抽样的方法进行野外调查。结果 建立了基于 4 个气象生境因子的野生黄芩资源储量估算模型, 并估算内蒙古地区野生黄芩的总资源储量为 1.9 万 t。结论 该方法可为第 4 次全国中药资源普查和基于 3S 技术的中药资源多空间尺度模型估算提供重要参数。

关键词: 中药资源; 3S 技术; 黄芩; 储量; 分层抽样

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2016)06-0997-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.06.023

Study on estimating reserves of wild *Scutellaria baicalensis* in Inner Mongolia region based on 3S technology

LIU Jin-xin^{1,2}, LI Geng³, XIA Yan-hua¹, MA Chun-hu¹, ZHAO Chun-ying¹, MENG Fan-yun²

1. Hebei Key Laboratory of Study and Exploitation of Chinese Medicine, Chengde Medical College, Chengde 067000, China

2. Beijing Key Laboratory of Protection and Application of Chinese Medicinal Resources, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3. China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Abstract: Objective To establish the reserve estimation model, which can estimate the reserves of the wild *Scutellaria baicalensis* in Inner Mongolia region. **Methods** Combined 3S technology with the traditional field survey methods, four habitat factors (vegetation type, altitude, rainfall, and temperature) have been selected as indicators for categorizing the habitat region of Inner Mongolia. According to the habitat suitability of wild *S. baicalensis* in Inner Mongolia region, stratified for each indicator, all indicators are divided into the most suitable, suitable, less suitable, and unsuitable four layers. Each layer in a simple random sampling method conducted field surveys. **Results** Finally, the method and model to estimate the reserves in Inner Mongolia have been established. This model has been used to estimate the reserve of wild *S. baicalensis* in Inner Mongolia. The total number of wild *S. baicalensis* in Inner Mongolia is 19 000 tons. **Conclusion** It can provide an important parameter for the fourth national survey of Chinese materia medica (CMM) resources and the estimation of CMM resources based on 3S technology by multiple spatial scales model.

Key words: Chinese materia medica resources; 3S technology; *Scutellariae Radix*; reserve; stratified sampling

黄芩是中医临床上应用广泛的大宗药材, 具有清热燥湿、泻火解毒、止血、安胎的功效^[1]。目前, 野生黄芩主要来源于河北、内蒙古、山西、陕西、山东等地。黄芩是双黄连口服液、黄芩复方颗粒、

银黄片等常用中成药的重要原材料, 也是目前新药研究开发的热点。由于黄芩的市场需求量不断增大, 对野生黄芩掠夺式资源开发利用泛滥, 加之生态环境严重破坏, 导致野生黄芩资源总储量的锐减。因

收稿日期: 2015-09-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81072999); 国家科技支撑子课题 (2012BA129B02); 河北省高校重点学科建设项目; 承德医学院博士基金项目 (201502); 河北省中医药管理局科研计划项目 (2015157); 河北省中药产业技术创新联盟项目

作者简介: 刘金欣 (1986—), 女, 博士, 讲师, 主要从事中药资源相关研究。E-mail: liujx_23@163.com

*通信作者 孟繁蕴, 男, 教授。E-mail: mfy@bnu.edu.cn

赵春颖, 女, 副教授。E-mail: 810347813@qq.com

此开展野生黄芩资源储量状况调研是现在亟待解决的现实问题。

如何利用新技术客观有效地开展中药资源调查及其蕴藏量估算已成为中药资源保护和利用的首要问题^[2-3]。分层抽样是按某种特征分为若干层,再从每一层内进行单纯随机抽样,既可以保证总体估计精度的同时提高样本的代表性,从而提高调查效率,缩短调查时间,节省人力物力,又便于了解总体内不同层次的情况,便于对总体不同的层次进行单独研究,因此分层抽样是野外调查项目中最常用的抽样技术。随着 3S 技术在农、林、牧业等领域的广泛应用与推广^[4-9],3S 技术以其经济、快速、方便等特点,在资源监测及调查方面显示出极大的优势,针对不同的生境将研究区域分层,对不同生境分层随机抽样,从而建立储量估算模型,为中药资源实现资源分布、野生储量估算、适宜性评价、生产区

划等提供了新的发展契机^[10-12]。课题组利用 3S 技术建立京津冀地区数据库,结合传统的野外实地调查方法,建立小尺度基于不同植被类型的野生黄芩储量估算模型,对京津冀地区野生黄芩资源量进行了估算,提高了估算精度^[13]。但由于内蒙古地区植被类型比较单一,需要建立结合气象生境因子分层抽样的野生黄芩储量估算方法,从而为第 4 次全国中药资源普查提供新的科学依据。

1 内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库建立

在提取气候环境数据分布方面,网格是一种成熟而流行的技术。发现空间插值可以很容易地在网格平台上操作,多边形叠加和转化也可以在网格平台中得到更好的结果^[14]。本研究将内蒙古地区的行政边界通过 ArcGIS10 软件自动生成了 1 km×1 km 的网格,见图 1。

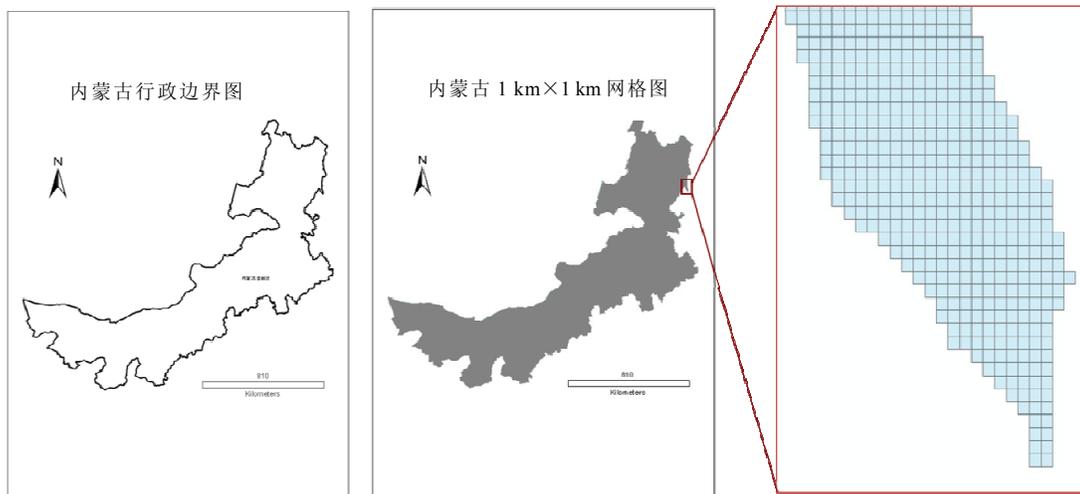


图 1 内蒙古地区行政边界县域图及 1 km×1 km 的网格图

Fig. 1 Administrative and grid map of Inner Mongolia region (1 km×1 km)

通过 ArcGIS10 软件空间分析模块,对内蒙古地区的气候因子在 30 年的均值采用克里格法 (Kriging) 插值的方法进行空间插值分析,插值的精度为 1 km×1 km,即得到各气候因子(温度、降雨量等)的内蒙古地区空间分布图;利用遥感影像图进行分类即可得到 DEM 高程图、土地利用图和植被类型图;从而建立内蒙古地区数字化地图库;再根据 ArcGIS10 软件中的空间叠加技术为每一个网格中赋予各种生境因子的属性值,使得所有网格都具有各项生境因子的属性,从而建立内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库。

2 野外调研方法及样地、样方的选择

2.1 野外调查单元分层

分层抽样是可以保证总体估计精度的同时提高样本的代表性,从而提高调查效率,缩短调查时间,节省人力物力,因此分层抽样是野外调查项目中最常用的抽样技术^[15]。野生黄芩生长和分布环境是受复杂多因子的共同影响。内蒙古地区的植被类型相对简单、海拔跨度较大、降水量少而不匀、寒暑温度变化剧烈,结合这些内蒙古的生态环境特点和野生黄芩的分布特征,选取了植被类型、海拔、年降雨量和年均温 4 个指标,作为内蒙古地区野生黄芩重要生境划分指标。查阅相关文献,根据野生黄芩

对生境的适宜性情况，结合内蒙古地区野生黄芩分布特点对每个指标在内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库中进行分层，各指标均分为最适宜、适宜、次适宜、不适宜 4 个层，如图 2 所示。然后从不同的层里采用简单随机的方法抽样进行野外调查。

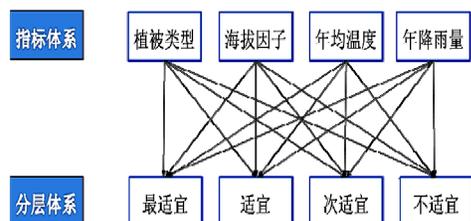


图 2 指标分层体系

Fig. 2 Stratified index system

2.2 样地设置

在内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库建立后，得到内蒙古地区生态气象图谱及植被类型图和土地利用图，在数字化图谱基础上，根据土地利用数据剔除不可能生长野生黄芩的区域，得到可能适宜生长野生黄芩的区域（目标区域），并在目标研究区内根据交通可通达情况和历史经验，对不同植被类型、不同海拔、不同降雨带和不同温度带的不同层之间进行随机调查设计。由于调查方式是随机调查路线，具有一定的代表性。

2.3 样方设置

样方采用大尺度的样地内嵌套小尺度样方的布设方案。即在 1 个 1 km×1 km 的样地内随机嵌套 30 m×30 m、100 m×100 m 或 250 m×250 m 的样方。根据样地的地形特征确定样方的大小，方便到达如缓坡、平地可以选择大一点的样方，不容易到达的地方如山地、陡坡等可选取小一些的样方，地形复杂的可选取更小的样方。随机选取样地内的样方，保证每个样方都具有代表性，且每个样地的样方数不少于 5 个，用每一个样地内所有样方的储量

通过算术平均值作为该样地的储量。

2.4 野生黄芩储量估算

根据野外实地调查数据，在各生境指标分层图中利用 ArcGIS10 中提取各样地的生境因子信息及所属分层情况，分别计算每个指标的每一层单位面积野生黄芩株数，再乘以每一层的面积，即可得到单一指标的野生黄芩储量。最后按照相等权重把每个生境指标加和成为复杂的生境因子。假设样地的权重为 1，所选的 4 个指标权重相等，每个指标的权重为 0.25。计算公式如下：

$$S = 0.25 \sum_{i=1}^4 (V_i \times m_i + D_i \times n_i + R_i \times o_i + T_i \times p_i)$$

S 表示内蒙古地区野生黄芩总储量（株），i 表示每个生境因子的分层数， V_i 表示植被类型为第 i 层的总面积， m_i 表示植被类型为第 i 层的单位面积野生黄芩株数， D_i 表示海拔为第 i 层的总面积， n_i 表示海拔为第 i 层的单位面积野生黄芩株数， R_i 表示降雨为第 i 层的总面积， o_i 表示降雨为第 i 层的单位面积野生黄芩株数， T_i 表示温度为第 i 层的总面积， p_i 表示温度为第 i 层的单位面积野生黄芩株数

3 内蒙古地区野生黄芩储量估算结果

3.1 各生境因子分层

3.1.1 植被类型分层

从内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库得到内蒙古地区植被类型有 18 种植被类型，包括：草甸、斜坡草地、灌木、落叶针叶林、针叶常绿林、阔叶落叶林、高山和亚高山草甸、平原草原、荒漠草原、城市、河流、湖泊、沼泽、冰川、明礁、砾石、沙漠等，根据相关文献资料及野生黄芩生境条件报道，综合内蒙古地区的自然和气候条件，将内蒙古地区按照植被类型分为最适宜（V1）、适宜（V2）、次适宜（V3）和不适宜（V4）4 个层，植被类型分层标准见表 1，在 ArcGIS 中按照植被类型分层标准形成基于植被类型分层图，见图 3。

3.1.2 海拔分层结果

由内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库中的 DEM 数据得到内

表 1 内蒙古地区野生黄芩储量植被类型分层标准

Table 1 Stratified criteria for vegetation types for reserves of wild *S. baicalensis* in Inner Mongolia region

植被类型分层	植被类型名称
最适宜（V1）	草甸、斜坡草地
适宜（V2）	落叶针叶林、针叶常绿林、高山和亚高山草甸、平原草原
次适宜（V3）	灌木、阔叶落叶林、农田、荒漠草原、高山和亚高山平原
不适宜（V4）	城市、河流、湖泊、沼泽、冰川、明礁、砾石、沙漠

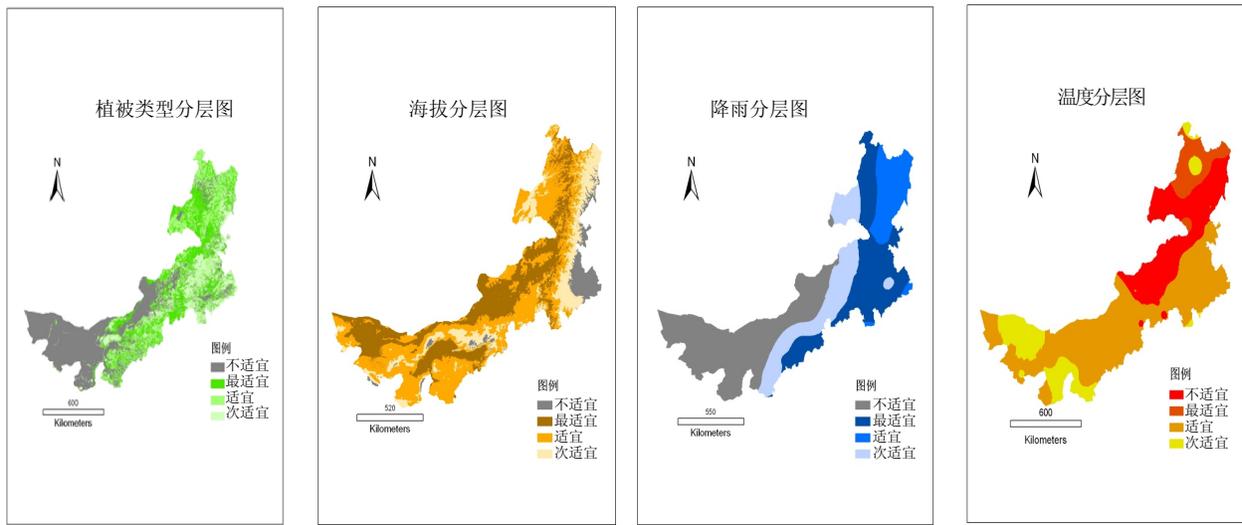


图 3 内蒙古地区分层图

Fig. 3 Stratified-graph of Inner Mongolia region

蒙古地区海拔范围在 80~3 400 m，根据文献记载，野生黄芩多生于山坡、林缘、路旁、中高山地或者高原草原等向阳和较为干旱的山区，在中温带山地草原常生长在海拔 600~1 500 m 向阳山坡或者高原草原等处，综合内蒙古地区海拔环境，将内蒙古地区按海拔分为最适宜 D1 (900~1 200 m)、适宜 D2 (600~900 m, 1 200~1 500 m)、次适宜 D3 (1 500~1 800 m, 300~600 m) 和不适宜 D4 (<300 m, >1 800 m) 4 个层，在 ArcGIS 中按照海拔分层标准形成基于海拔分层图，见图 3。

3.1.3 降雨量分层结果 利用内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库中的年降雨量图，可以得到内蒙古地区年均降雨量范围在 32~550 mm，根据文献记载，根据相关文献资料及野生黄芩适宜生长的降雨量报告，综合内蒙古地区降雨量情况，将内蒙古地区按年均降雨量分为最适宜 R1 (350~450 mm)、适宜 R2 (450~550 mm)、次适宜 R3 (250~350 mm) 和不适宜 R4 (<250 mm) 4 个层，在 ArcGIS 中按照降雨分层标准形成基于降雨量分层图，见图 3。

3.1.4 温度分层结果 内蒙古地区的气候以温带大陆性季风气候为主，寒暑变化剧烈，由内蒙古地区 1 km×1 km 网格基本气候生态数据库中的年均温度图，可以得到内蒙古地区年均温度范围在-4~9 °C，根据文献中报道的野生黄芩生长的适宜温度，综合内蒙古地区年均温度情况，将内蒙古地区按年

均温度分为最适宜 T1 (0~2 °C)、适宜 T2 (-2~-1 °C)、次适宜 T3 (3~7 °C) 和不适宜 T4 (≤-3 °C, ≥8 °C) 4 个层，在 ArcGIS 中按照温度分层标准形成基于温度分层图，见图 3。

3.2 野外实地调研

野外实地调查是中药资源调查的重要来源之一。野外实地调研不仅可以获取中药资源相关野外真实数据，也可以获得遥感影像数据、地理信息数据和地图中不能获取的其他数据，同时野外实地调研数据也可以作为遥感数据和模型数据的验证和修订。本课题组于 2013 年 7 月在内蒙古地区进行野生黄芩储量调研。采用 3S 技术建立内蒙古 1 km×1 km 生态数据库，利用不同生境进行分层，在不同生境层进行随机选取 32 个样地 (图 4)。

按照“2.2”项中的内蒙古地区野生黄芩储量调查方法，对内蒙古地区野生黄芩进行调研。采用手持 GPS 定位系统记录样地的地理具体位置、地理坐标、海拔等信息，观察并记录样地的生境特征，同时对样地中的野生黄芩株数进行统计。样地详细信息见表 2。

3.3 采样点分层信息提取

在 ArcGIS10 软件中将采样点图层分别与植被类型分层图、海拔分层图、降雨分层图和温度分层图进行叠加，即可以提取出各采样点所属的植被类型、海拔、降雨量、温度等信息和相应的分层情况，具体采样点的所属分层信息见表 3。

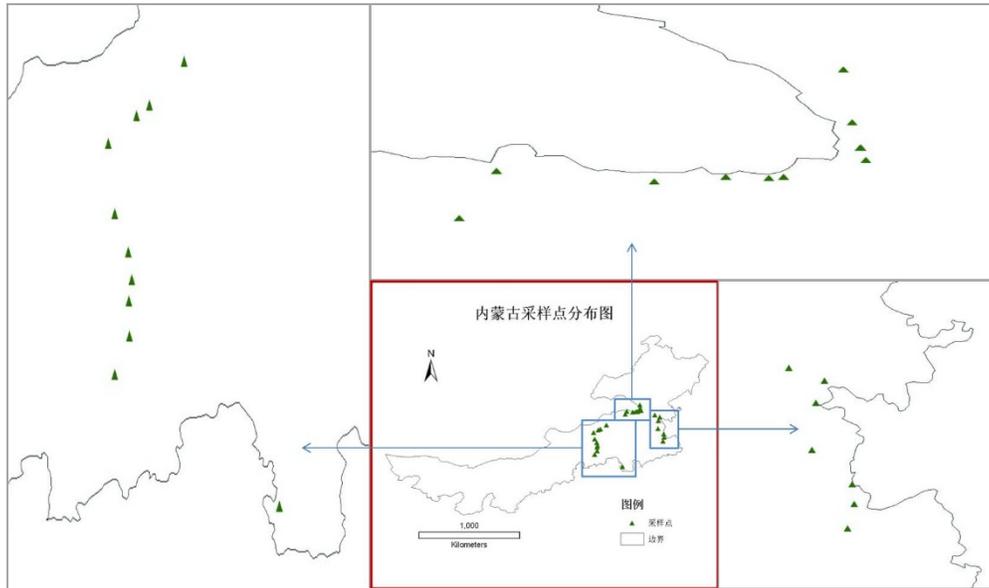


图 4 内蒙古地区调查点分布图

Fig. 4 Distribution of investigation points in Inner Mongolia region

表 2 内蒙古地区野生黄芩样地调研信息

Table 2 Investigation information of wild *S. baicalensis* in Inner Mongolia region

样地编号	调查地点	纬度/(°)	经度/(°)	海拔/m	样地面积/m ²	株数/km ²
1	赤峰	41.717 8	118.379 9	955	100	2
2	赤峰	41.717 8	118.379 9	955	5.0×10 ³	75
3	通辽	43.965 2	122.000 8	181	2.0×10 ⁴	0
4	兴安盟	44.323 5	122.090 7	177	2.0×10 ⁴	0
5	兴安盟	44.607 8	122.063 8	170	2.5×10 ⁵	0
6	兴安盟	45.108 0	121.543 1	258	2.5×10 ⁵	0
7	乌兰浩特	45.795 0	121.595 5	522	1.0×10 ⁴	0
8	阿尔山	46.122 0	121.703 6	348	5.0×10 ³	0
9	阿尔山	46.308 6	121.249 9	433	5.0×10 ³	0
10	阿尔山	46.752 7	119.998 9	1 180	5.0×10 ⁴	9
11	阿尔山	46.752 8	119.993 0	1 160	1.0×10 ⁴	0
12	阿尔山	46.753 5	119.998 9	1 180	1.0×10 ⁴	0
13	阿尔山	46.897 0	119.968 9	1 137	1.0×10 ⁴	0
14	阿尔山	47.198 8	119.938 9	1 028	1.6×10 ⁴	12
15	阿尔山	46.682 1	120.013 4	1 013	2.0×10 ³	20
16	霍林郭勒	46.589 2	119.735 4	1 189	5.0×10 ³	0
17	霍林郭勒	46.579 5	119.685 7	1 251	5.0×10 ³	150
18	霍林郭勒	46.589 3	119.540 6	1 120	2.5×10 ³	50
19	霍林郭勒	46.560 5	119.301 5	1 072	2.5×10 ³	150
20	霍林郭勒	46.620 3	118.767 6	914	400	200
21	霍林郭勒	46.620 7	118.767 6	914	250	0
22	霍林郭勒	46.353 9	118.642 8	877	2.0×10 ³	30
23	东乌	45.425 7	116.943 5	858	1.0×10 ³	0
24	东乌	45.061 4	116.415 7	861	1.0×10 ⁴	0
25	东乌	44.979 3	116.222 5	858	1.0×10 ⁴	0
26	东乌	44.745 6	115.790 5	994	5.0×10 ³	0
27	锡林浩特	44.157 9	115.895 7	971	5.0×10 ³	0
28	锡林浩特	43.842 0	116.097 7	1 064	2.0×10 ³	20
29	锡林浩特	43.611 5	116.153 1	1 199	1.0×10 ⁴	0
30	锡林浩特	43.431 5	116.106 6	1 473	200	10
31	锡林浩特	43.135 5	116.114 7	1 317	1.0×10 ⁴	0
32	锡林浩特	42.814 8	115.888 7	1 314	1.0×10 ⁴	0

表 3 采样点分层信息

Table 3 Stratified information of sampling points

采样点编号	植被类型	植被分层	海拔/m	海拔分层	降雨量/mm	降雨分层	年均温度/℃	温度分层
1	针叶常绿林	V2	955	D1	441	R1	7	T3
2	针叶常绿林	V2	955	D1	441	R1	7	T3
3	灌木	V3	178	D4	359	R1	6	T3
4	农田	V3	178	D4	368	R1	6	T3
5	草甸	V1	170	D4	383	R1	5	T3
6	荒漠草原	V4	258	D4	401	R1	5	T3
7	针叶常绿林	V2	497	D3	434	R1	4	T3
8	农田	V3	354	D3	447	R1	4	T3
9	农田	V3	433	D3	458	R2	2	T1
10	草甸	V1	1 160	D1	441	R1	0	T1
11	草甸	V1	1 160	D1	440	R1	0	T1
12	草甸	V1	1 160	D1	441	R1	0	T1
13	草甸	V1	1 147	D1	444	R1	-1	T2
14	落叶针叶林	V2	992	D1	451	R2	-2	T2
15	草甸	V1	1 002	D1	439	R1	0	T1
16	落叶针叶林	V2	1 189	D1	423	R1	0	T1
17	草甸	V1	1 245	D2	421	R1	0	T1
18	草甸	V1	1 115	D1	413	R1	0	T1
19	草甸	V1	1 072	D1	397	R1	0	T1
20	草甸	V1	921	D1	365	R1	0	T1
21	草甸	V1	921	D1	365	R1	0	T1
22	草甸	V1	877	D2	358	R1	1	T1
23	斜坡草地	V1	873	D2	264	R3	1	T1
24	沙漠	V4	861	D2	266	R3	1	T1
25	荒漠草原	V4	865	D2	268	R3	2	T1
26	沙漠	V4	994	D1	263	R3	2	T1
27	荒漠草原	V4	971	D1	276	R3	2	T1
28	荒漠草原	V4	1 059	D1	294	R3	2	T1
29	农田	V3	1 230	D2	308	R3	2	T1
30	农田	V3	1 451	D2	315	R3	2	T1
31	平原草原	V2	1 317	D2	328	R3	3	T3
32	草甸	V1	1 314	D2	334	R3	3	T3

3.4 内蒙古地区野生黄芩储量估算

利用 ArcGIS10 软件在植被类型、海拔、降雨、温度分层图中提取 4 个生境因子的每一层的总面积。再根据野外实地调查样地的面积和对应的野外黄芩株数，按照各样地的生境因子信息及所属分层情况，分别计算每个指标每一层的单位面积

野生黄芩株数，见表 4。利用“2.4”项中的公式中计算出内蒙古地区野生黄芩的总储量为 1 581 119 512 株；随机抽取 30 株野生黄芩的地下部分进行称重，得到平均每株野生黄芩的根质量为 12.23 g，从而估算得到内蒙古地区野生黄芩资源的总储量为 1.9 万 t。

表 4 各分层面积及单位面积野生黄芩株数

Table 4 Each stratified area and number of wild *S. baicalensis* in unit area

分层	植被类型		海拔		降雨		温度	
	V_i/km^2	$m_i/(\text{株}\cdot\text{km}^{-2})$	D_i/km^2	$n_i/(\text{株}\cdot\text{km}^{-2})$	R_i/km^2	$o_i/(\text{株}\cdot\text{km}^{-2})$	T_i/km^2	$p_i/(\text{株}\cdot\text{km}^{-2})$
最适宜	289 848	244 3	350 824	4 278	325 254	1 040	292 092	4 635
适宜	220 683	193 1	513 370	3 265	147 936	571	95 463	462
次适宜	200 906	17	206 492	0	232 282	475	594 772	133
不适宜	432 498	0	72 450	0	441 334	0	164 710	0

4 讨论

4.1 内蒙古地区野生黄芩分布

利用实地野外分层调查与 3S 网格技术相结合的方法,以 2013 年 7 月野外采样数据为基础,建立了基于气候生态环境的储量估算模型,对不同气象因子进行了分层。然后利用该模型估算内蒙古地区野生黄芩的总资源储量,结果显示该地区野生黄芩储量共有约 15.8 亿株 (1.9 万 t); 内蒙古地区的野生黄芩大多分布在斜坡草地、草甸等植被类型中; 降雨量在 350~550 mm 内,海拔高度在 600~1 500 m, 温度在 -2~2 °C 生境下,符合这些生境的地区主要在内蒙的东北部赤峰、阿尔山、霍林郭勒等地区,而内蒙古西部地区为沙漠,降雨量较少,温度较高,不适宜野生黄芩生长。

4.2 内蒙古地区野生黄芩最适区

本次野外实地调研发现,野生黄芩一般分布在斜坡草坡或草甸上,呈零星片状分布。但在北纬 46.620 3°, 东经 118.767 6° 霍林郭勒草原的第 20 号样地内,有大面积野生黄芩群居分布,利用 3S 建立的内蒙古地区数据库提取得到该地区的植被类型为草甸,海拔高度为 921 m, 年均降雨量为 365 mm, 年均温为 0 °C, 该样地的生境完全符合本实验对单因子黄芩适宜性分层的标准。因此在内蒙古地区该生境下最适宜野生黄芩的生长,可以在该地区建立野生黄芩的自然保护区或在该地区发展黄芩野生抚育工作。

综上所述,本实验采用实地分层和 3S 技术相结合的方法对内蒙古地区野生黄芩资源进行了调研,并对野生黄芩储量进行估算,通过实地调查得到野生黄芩的分布特征,再结合 3S 技术建立基于不同野生黄芩生境下的单因子适宜性生境分层,建立了基于 4 个气象生境因子的野生黄芩资源储量估算模型,最后利用该模型估算了内蒙古地区野生黄芩的总资源储量。本研究可为第 4 次全国中药资源普查提供重要参考,所采集的样品为野生黄芩种质

资源多样性研究和化学成分与生态环境相关性研究提供了有效的数据。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 杨光,王永炎,陆建伟,等. 基于全国中药资源普查的中药基本药物供应预警方法探讨 [J]. 中草药, 2015, 46(1): 7-10.
- [3] 刘金欣,潘敏,李耿,等. 3S 技术在药用植物资源调查研究中的应用 [J]. 中草药, 2016, 47(4): 695-700.
- [4] 沙宗尧,边馥苓. “3S” 技术的农业应用与精细农业工程 [J]. 测绘通报, 2003(6): 29-31.
- [5] 杨微,周宏璐,韩成伟,等. 3S 技术在我国农业生产中的应用 [J]. 吉林农业科学, 2009, 34(6): 58-59.
- [6] 张金恒,朱德柱. 基于“3S” 技术构建农业灾害监测信息系统 [J]. 灾害学, 2002, 17(2): 76-81.
- [7] 刘惠明,尹爱国. 3S 技术及其在生态学研究中的应用 [J]. 生态科学, 2002, 21(1): 82-85.
- [8] 党安荣,史慧珍,何新东. 基于 3S 技术的土地利用动态变化研究 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2003, 43(10): 1408-1411.
- [9] 吕涛. 3S 技术在贵州喀斯特山区土地石漠化现状调查中的应用 [J]. 中国水土保持, 2002(6): 26-27.
- [10] 张本刚,陈士林,张金胜,等. 基于遥感技术的甘草资源调查方法研究 [J]. 中草药, 2006, 37(10): 1548-1551.
- [11] 谷婧,冯成强,张文生. 3S 技术在中药资源研究和管理中的应用与展望 [J]. 中草药, 2014, 45(10): 1502-1506.
- [12] 江源,任斐鹏,肖雁青,等. 基于 GIS 与群落调查的北京市野生北柴胡资源量测算 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(6): 1080-1089.
- [13] 刘金欣,卢恒,曾燕,等. 基于 3S 技术的京津冀地区野生黄芩资源储量调查研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(17): 2524-2529.
- [14] 王静爱,刘金欣,高路,等. 浅谈“数字药匣”的理论构建与应用 [J]. 中草药, 2011, 42(6): 1046-1052.
- [15] 邓辉,周清波,刘佳,等. “3S” 为基础的面积框对地抽样调查技术在农业调查中的应用 [J]. 农业网络信息, 2008(1): 7-9.