

代海燕,都瓦拉,王晓江,等. 基于GIS的内蒙古林业气候区划[J]. 干旱气象,2017,35(2):337-341, [DAI Haiyan, DU Wala, WANG Xiaojiang, et al. Forestry Climatic Division in Inner Mongolia Based on GIS[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(2):337-341], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-02-0337

基于GIS的内蒙古林业气候区划

代海燕¹, 都瓦拉¹, 王晓江², 李丹¹, 安丽娟³

(1. 内蒙古生态与农业气象中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古林业科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010010; 3. 内蒙古气候中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:利用水热因子的三维空间分布开展内蒙古地区林业气候区划,结果表明:内蒙古地区雨量带呈东西向带状分布规律,温度在南北分布基础上受地形影响较为明显,潜在蒸散量更多体现了水热因子的综合影响。区划结果显示,乔木适宜区主要分布在呼伦贝尔市东北大部、大兴安岭南到燕山北麓地区及内蒙古中部的阴山山脉,荒漠区主要以阿拉善盟为主,中间为过渡乔木适宜亚区、选择性乔灌种植区和无乔草原灌木混生区。该区划结果与下垫面植被基本一致,表明蒸发和降水指标选取的较为合理。

关键词:林业气候区划;降雨量;潜在蒸散量;湿润指数

文章编号:1006-7639(2017)-02-0337-05 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-02-0337

中图分类号:S716.3

文献标识码:A

引言

林业气候区划是在一定地域内根据影响林木生长发育、分布的主要气候因素按气候等级作区域性划分。科学的林业气候区划,可为林业生产布局、结构调整、经营方向等提供重要参考信息。然而,当前林业气候区划研究较少,可供参考的理论成果贫乏。其相关研究主要集中在林业气候区划^[1-3]、树种气候区划^[4-5]、林业区划^[6-8]等方面。陈步峰^[2]根据与林业关系密切的11个气候因子,通过逐步判别分析法,将海南岛划分成7个林业气候区。陈昌毓^[3]、袁嘉祖^[9-10]和徐德炎^[11]等采用聚类分析方法分别对甘肃、黄土高原和新疆进行了林业气候区的划分。上述研究均是根据气候因子划分不同的林业气候区,只是在指标及方法的选取上略有不同。然而,近10 a这方面的研究成果更新较少,林业气候区划研究已相对滞后,而对于气候区树种建设、乔灌草空间分布规划及建议还未见报道。

在生态优先国土绿化的背景下,近几年内蒙古自治区承担了诸多造林任务,加之人工造林失败的例子较多,所以全区林业气候区划尤为重要和迫切。

树木生长离不开光、温、水等气象要素,其中温度决定了树种分布的南北界限,而水分条件制约着树木的生长发育。在林业气候区划中如何体现下垫面特征与水热条件的关系,一直是区划工作者关注的重点方向。本文通过分析温度、降水和湿润度指数与经纬度和海拔的空间关系,在考虑气候指标的同时充分体现了地形因素的影响,这对探寻干旱、半干旱区适宜林草种植的局部优化环境组合,明确林草建设水分临界阈值意义重大,可为该地区退耕还林还草、京津风沙源治理、三北防护林及黄河流域天然林保护工程的人工林建设提供重要参考。

1 研究区概况

内蒙古属典型中温带季风气候,年降水量少而不匀,普遍<400 mm;地貌以高原、平原为主,主要由呼伦贝尔草原、锡林郭勒草原、巴彦淖尔—阿拉善高原及鄂尔多斯高原等组成,中部分布着阴山(狼山、色尔腾山、大青山、灰腾梁)、贺兰山等山脉,平均海拔1 000 m左右;森林主要分布在罕山、阴山、贺兰山等山脉上,拥有我国最长的林线,基本与400 mm雨量线吻合,此雨量线是我国一条重要的地

收稿日期:2016-09-22;改回日期:2017-01-19

基金项目:国家自然科学基金(41461102)、林业公益性行业专项(201304206)和内蒙古自治区自然科学基金(2016MS0376)共同资助

作者简介:代海燕(1978-),男,蒙古族,辽宁阜新,人,博士,高级工程师,主要从事林业气象与生态气象方面的研究。E-mail: daihaiyan2003@163.com

理界限,它大致沿大兴安岭—阴山山脉—古长城—巴颜喀拉山—冈底斯山脉一线,是我国半湿润和半干旱区的分界线,也是森林植被与草原植被的分界线,该线以西以北森林分布极少。实际上,林线是一个模糊的概念,在林线附近年降雨量不足 300 mm 的地区仍然有森林分布,如蒙古杭爱山脉区域,而年降雨量 400 mm 左右的科尔沁地区,由于蒸散量大、生长期长,树木易遭受干旱胁迫。可见,雨量的多寡仅是林线分布的轮廓线,而不是绝对线,这对干旱、半干旱区人工植被建设尤为重要。

2 数据与方法

2.1 数据

使用 1981—2010 年内蒙古自治区 11 个盟市 116 个气象站平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、平均风速、日照时数、降水量等逐月资料以及站点的经度、纬度和海拔高度数据,该资料来源于内蒙古自治区气象局气象资料数据库。

2.2 方法

2.2.1 潜在蒸散量

蒸散量的计算采用联合国粮农组织 (FAO) 的 Penman - Monteith 公式^[12-13],其表达式为:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + r \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + r(1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

其中, ET_0 为参考作物蒸散量,单位: $\text{mm} \cdot \text{mon}^{-1}$; r 为干湿表常数,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$; Δ 为饱和水汽压与

空气温度关系曲线的斜率,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$; R_n 为冠层表面净辐射,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; G 为土壤热通量,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; T 为 2 m 高处平均气温,单位: °C ; U_2 为地面以上 2 m 高处的风速,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; e_s 为饱和水汽压,单位: kPa ; e_a 为实际水汽压,单位: kPa ,各变量具体的计算过程详见文献^[12]。

2.2.2 湿润度

湿润指数是表示某一地区干湿状况的指标。常用降水量与蒸散量之比来表示^[13-14],其公式为:

$$W = \frac{P}{ET_0} \quad (2)$$

式中, P 为年降水量(单位: mm), ET_0 为年潜在蒸散量(单位: mm)。林业气候区划湿润度 W 指标: 乔木适宜区 $W \geq 2.0$; 乔木适宜亚区 $0.5 \leq W < 1.99$; 选择性乔灌种植区 $0.25 \leq W < 0.49$; 无乔草原灌木混生区 $0.1 \leq W < 0.249$; 荒漠区 $0.055 \leq W < 0.099$; 严重荒漠区 $W < 0.055$ 。

2.2.3 回归方程的构建及插值

内蒙古幅员辽阔,东西、南北跨度大,地形高差悬殊,气象站点分布稀疏,仅依靠测站数据重构大区域的气象要素难以全面把握其空间分布及变化,需通过空间插值达到空间的精细化以满足相关领域的研究需求。因此,基于 1981—2010 年全区 116 个气象站数据,利用 SPSS 软件建立以地理三维要素(纬度、经度、海拔高度)为自变量,降水量、温度、湿润度倒数 $1/W$ 为因变量的多元线性回归方程,以实现上述因变量的全区空间化。其回归方程如下:

$$\begin{cases} P = -2106.0825 + 24.4701 X_{\text{lon}} - 11.075 Y_{\text{lat}} + 0.1032 A \\ T = 81.2087 - 0.2356 X_{\text{lon}} - 1.0017 Y_{\text{lat}} - 0.0065 A \\ 1/W = 147.1833 - 1.386 X_{\text{lon}} + 0.5954 Y_{\text{lat}} - 0.0097 A \end{cases} \quad (3)$$

式中, P 为降水量, T 为温度, $1/W$ 为湿润度倒数; X_{lon} 为经度, Y_{lat} 为纬度, A 为海拔高度。

3 结果与分析

3.1 雨量线与温度分布特征

内蒙古属典型中温带季风气候,气候干燥,雨量线从西部阿拉善盟 $< 200 \text{ mm}$ 向东逐步过渡增加,中部草原区为 $300 \sim 380 \text{ mm}$, 380 mm 以上雨量线分布在大兴安岭以东大部地区(图 1a)。受地形和距海洋远近的影响,年降水量自东向西由 500 mm 递减为 50 mm 左右,与之相应的气候带呈带状分布,从东向西由湿润、半湿润区逐步过渡到半干旱、干旱区。内蒙古地区年平均温度分布主要受纬度和海拔

高度影响,温度高值区主要分布在西辽河平原和阿拉善盟及鄂尔多斯等地区,低值区主要集中在东北部的大兴安岭、锡林郭勒盟北部及中部阴山山脉高海拔地区(图 1b)。可见,温度与降水的空间分布特征差异明显,降水从西到东有明显逐渐增加趋势,而温度在南北分布基础上受地形影响较为明显。

3.2 潜在蒸散量分布特征

受诸多气象要素共同影响,内蒙古地区年潜在蒸散量自西向东由 1500 mm 递减到 700 mm 左右。由于大兴安岭高海拔林区午间高温时间短,加之生长季较短,其蒸散量通常 $< 800 \text{ mm}$; $800 \sim 1000 \text{ mm}$ 蒸散量主要分布在大兴安岭林区两侧、大兴安岭南段至燕山北麓、锡林郭勒盟东南大部及内蒙古中部

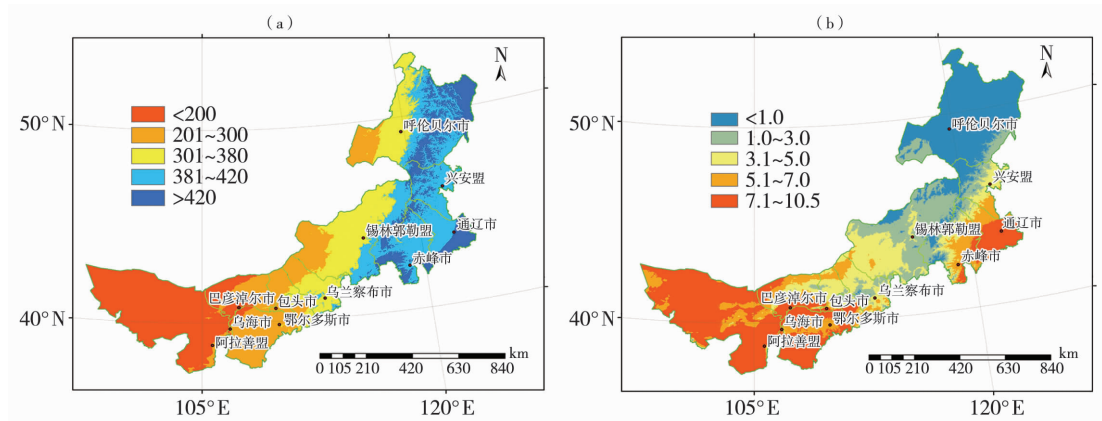


图 1 内蒙古地区年降水量(a,单位:mm)与年平均温度(b,单位:℃)的空间分布
 Fig. 1 The spatial distribution of annual precipitation (a, Unit:mm) and annual average temperature (b, Unit:℃) in Inner Mongolia during 1981 – 2010

阴山山脉,蒸发偏少主要是受温度和海拔高度综合影响所致;蒸散量 1 000 ~ 1 150 mm 地区主要分布在科尔沁沙地周边及阴山北麓和南麓的东段,其中科尔沁沙地为低海拔区,受温度影响较大,阴山北麓则受风速影响较大;1 150 ~ 1 300 mm 地区主要分布在鄂尔多斯市、巴彦淖尔市和阿拉善盟部分地区,而阿拉善盟大部 and 乌海市蒸散量 > 1 300 mm,这些地区蒸散量主要受温度影响(图 2)。可见,蒸发量与雨量带分布差异主要体现在地形和海拔高度上,海拔高的地方因温度低,蒸散量少,更多体现了水热因素综合影响。

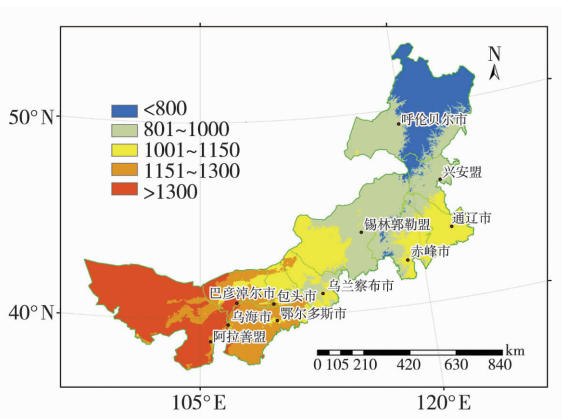


图 2 内蒙古地区年潜在蒸散量(单位:mm)的空间分布
 Fig. 2 The spatial distribution of annual potential evaporation (Unit:mm) in Inner Mongolia during 1981 – 2010

3.3 林业气候区划

根据湿润度倒数与经纬度和海拔高度的三维空间关系,得出内蒙古林业气候区划(图 3)。其区域结果及分区概述如下:

乔木适宜区:主要分布在呼伦贝尔市东北大部、

大兴安岭岭南到燕山北麓及阴山山脉,该区域湿润度比值 > 2.0,水分条件相对较好,东北部主要是大兴安岭北、中、东麓的原始针叶阔叶林区,树种主要包括兴安落叶松、樟子松和白桦等树种;东部偏南及中部地区主要是大兴安岭岭南、赤峰市罕山及克什克腾旗、锡林郭勒盟的宝格达山、中部大青山和蛮汉山的次生林区,树种主要包括白桦、兴安落叶松、山杨、柞树、油松、榆树等^[15]。

乔木适宜亚区:主要分布在通辽市东南部和乔木适宜区周边过渡带,其湿润度为 0.5 ~ 1.99。该地区主要以平原和丘陵的人工林为主,与林区接壤的过渡带仍以原生植被为主,乔木由密变疏,从全境大部逐渐过渡到局地。通辽市东南部主要以杨树、柳树、油松、榆树为主要造林树种。上述地区水分条件较好,地区生态建设可以根据目标适当地进行人为干预。

选择性乔灌种植区:主要分布在大兴安岭岭西的西辽河平原和大兴安岭西麓产业带,湿润度为 0.25 ~ 0.49,其中大兴安岭岭东主要以农田防护林为主,树种多以杨柳为主,并辅以灌木沙柳、紫穗槐、柠条等;岭西北部为林牧交错带,仍以过渡带的原生森林植被为主,其余草原区主要以牧场防护林为主,造林树种主要以乡土树种为主。

无乔草原灌木混生区:主要分布在阴山南北麓及鄂尔多斯市,湿润度为 0.1 ~ 0.249,主要以草原封育和保护为主,其中鄂尔多斯市和巴彦淖尔市造林多以灌木为主。需要说明的是,“无乔”只是从气候适宜的角度提出,当地乔木树种油松、杨树、柳树、榆树也较常见,除油松林外其余大部属人工局地种植,多分布在绿洲边缘、河流两岸及地下水资源丰富的地区。地区生态修复和保护主要以封育为主。

荒漠区及严重荒漠区:荒漠区主要分布在河套地区及巴彦淖尔市北部和阿拉善盟东部,其湿润度为 0.055 ~ 0.099。严重荒漠区主要分布在阿拉善盟西部,湿润度 < 0.055,该区自然条件严酷,风大沙多,干旱少雨,植被主要以超旱生半灌木和灌木或者旱生的肉质植物为主。

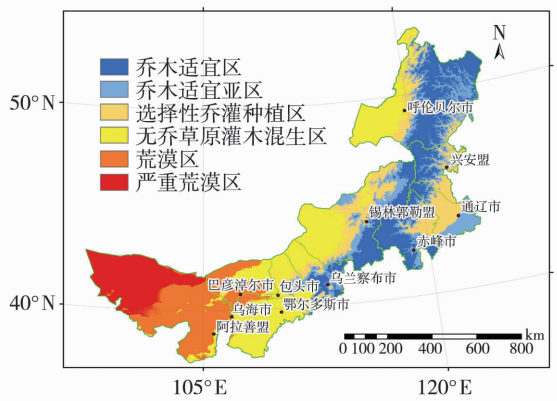


图3 内蒙古地区林业气候区划分布

Fig. 3 The distribution of forestry climatic division in Inner Mongolia

4 结论

(1) 内蒙古地区的雨量带呈东西向带状分布,降水量自东向西由 500 mm 递减为 50 mm 左右。温度分布主要受纬度和海拔高度的共同影响,无明显的南北和东西向地带性特征。潜在蒸散量受多种要素影响,更多体现了水热因子的综合作用。

(2) 林业气候区划结果表明,乔木适宜区主要分布在呼伦贝尔市东北大部、大兴安岭岭南到燕山北麓地区以及中部的阴山山脉,乔木适宜亚区、选择性乔灌种植区主要分布在大兴安岭西和内蒙古中东部的乔木适宜区周边过渡区域,荒漠区主要以阿拉善盟为主,中间为过渡的无乔草原灌木混生区。

5 讨论

该研究不足之处在于大兴安岭北段西北侧额尔古纳市的湿润度偏低,而大兴安岭南段至燕山北麓部分地区的湿润度偏高,这与下垫面存在局部差异,其可能原因:①地区站点稀少,导致存在差别;②气候区划结果考虑了全年而不是生长季。具体原因还

需日后进一步研究。需要说明的是,林业气候区划是一个复杂而严谨的问题,在上述区划中未能介入诸如土壤、地下水位、社会因素等指标,致使额济纳的胡杨林、鄂尔多斯的油松林未能得到很好体现。在省级林业气候区划中如何实现土壤、地下水位等指标的介入将是下一步林业气候区划研究的重点方向。总体而言,内蒙古中西部区乔木生存困难,人工林建设一定要严谨科学,更应该注重局地优化环境组合。本文区划结果在参考前人研究成果的基础上,咨询林业厅和林业规划设计院专家,并实地进行了部分考察和调研,整体上体现了内蒙古地区林业生存现状。至于干旱、半干旱区森林分布与区划结果的局地冲突,还需要高精度细网格的区划结果来体现。

参考文献

- [1] 徐照林,陈征海. 浙江省海岸带林业气候区划的初步研究[J]. 中南林业调查规划,1988(1):30-35.
- [2] 陈步峰. 用逐步判别分析法对海南岛林业气候区的划分[J]. 林业科学研究,1990(4):382-387.
- [3] 陈昌毓. 甘肃省林业气候区划[J]. 甘肃气象,1993(1):17-20.
- [4] 韩蓓蓓. 陕西省五种主要经济林树种气候区划研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2010.
- [5] 刘少军,周广胜,房世波. 中国橡胶树种植气候适宜性区划[J]. 中国农业科学,2015,48(12):2335-2345.
- [6] 中华人民共和国林业部林业区划办公室. 中国林业区划[M]. 北京:中国林业出版社,1987:43-54.
- [7] 程叶青,张平宇. 生态地理区划研究进展[J]. 生态学报,2006,26(10):3424-3433.
- [8] 张超,黄清麟. 林业区划研究综述[J]. 林业资源管理,2005(5):16-20.
- [9] 袁嘉祖. 黄土高原地区林业气候动态聚类分析[J]. 河北林学院学报,1991(3):175-182.
- [10] 袁嘉祖,陈纪卫. 黄土高原西部地区林业气候动态聚类分析[J]. 自然资源学报,1988(1):59-68.
- [11] 徐德炎. 应用模糊聚类法进行新疆林业气候区划[J]. 新疆农业科学,1987(3):24-27.
- [12] 吴绍洪,尹云鹤,郑度,等. 近30年中国陆地表层干湿状况研究[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2005,35(3):276-283.
- [13] 申双和,张方敏,盛琼. 1975-2004年中国湿润指数时空变化特征[J]. 农业工程学报,2009,25(1):11-15.
- [14] 毛飞,孙涵,杨红龙. 干湿气候区划研究进展[J]. 地理科学进展,2011,30(1):17-26.
- [15] 郭连胜. 内蒙古资源大辞典——森林资源分册[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1997:438-439.

Forestry Climatic Division in Inner Mongolia Based on GIS

DAI Haiyan¹, DU Wala¹, WANG Xiaojiang², LI Dan¹, AN Lijuan³

(1. *Ecology and Agricultural Meteorology Centre of Inner Mongolia, Hohhot 010051, China*; 2. *Inner Mongolia Academy of Forestry Science, Hohhot 010010, China*; 3. *Climate Centre of Inner Mongolia, Hohhot 010051, China*)

Abstract: Based on the monthly meteorological data of 116 weather stations in Inner Mongolia during 1981 – 2010, the forestry climatic division was studied through three – dimensional spatial distribution of hydrothermal factor in Inner Mongolia. The results indicate that the precipitation appeared east – west zonal distribution, the temperature was significantly affected by the latitude and terrain, and the potential evaporation was more influenced by the combination of water and heat factors in Inner Mongolia. The suitable planting area of trees mainly distributed in most areas of northeastern Hulunbuir city, from the southern slope of Great Khingan to the northern foot of Yanshan mountains and Yinshan mountains in the central of Inner Mongolia, the desert mainly distributed in Alxa League, and their transitional zone was sub – suitable tree area, selective tree and shrub planting region, shrub and grassland coupled zone. The result of forestry climatic division was highly consistent with the covering of surface vegetation in Inner Mongolia, which indicated that the selection of division indexes to evaporation and precipitation was more reasonable, and it would be conducive to the plantation construction and ecological protection and restoration.

Key words: forestry climatic division; precipitation; potential evaporation; humidity index



(上接第 290 页)

Verification of Cloud Structure and Precipitation Forecast of a Vortex Cyclone

SUN Jing^{1,2}, SHI Yueqin^{1,2}, CAI Zhaoxin³, CAI Miao^{1,2}, ZHOU Yuquan^{1,2}

(1. *Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China*; 2. *Weather Modification Center of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*; 3. *Weather Modification Office of Shanxi Province, Taiyuan 030032, China*)

Abstract: Drought happened in North China and Northeast China in spring of 2014. Weather Modification Center of CMA carried the work of cloud structure forecast and seeding conditions analysis by using the weather modification models and observations to guide the cloud seeding test. The cloud seeding conditions were analyzed through the GRAPES – CAMS model products including cloud band, supercooled water, vertical structure of cloud, precipitation, etc, firstly. Then, the forecasted results by GRAPES – CAMS model were mainly verified through the observation data of satellite and aircraft. A rainfall process happened in North China and Northeast China due to the cold vortex system from 9 to 12 May 2014, and the large cloud band moved from North China to Northeast China. The positions of forecasted rain band with 48 h and 24 h and their evolutions were basically correct, and the magnitudes, area and period of rainfall with 24 h forecast were closer to the observations. The distribution and evolution of forecasted wide range cloud system were coincided with the retrieval of satellite. The cloud property and vertical structure were basically consistent with the detection of aircraft, but the forecasted cloud top height was slightly higher than the observation. The vortex cloud system was the mixed phase structure of cold and warm clouds, and the strong rainfall distributed in the north and east to southeast of the vortex. The cloud top temperature of the vortex centre ranged from -15 to -25 °C, and that in the east and north of the centre was below -40 °C. There was much supercooled water and less ice particles in the east and southeast of the vortex, so it was suitable to glaciogenic seeding for rainfall enhancement. The mass content of supercooled water and number concentration of the model forecast were close to the detections of aircraft.

Key words: cloud structure; numerical weather prediction; model product verification