

巴彦淖尔市 1km^2 网格植物 气候生产力的演变

孔德胤¹ 张喜林² 张富强¹ 刘伟² 王敏²

(1. 内蒙古巴彦淖尔市农业气象科研所, 临河 015000; 2. 内蒙古巴彦淖尔市气象局)

提 要: 巴彦淖尔市西临乌兰布和沙漠, 北与蒙国戈壁接壤, 西部和北部都是沙尘暴的源地, 因此研究该市植物气候生产力的演变规律, 对治理和改善该市生态环境非常重要。采用桑斯维特纪念模型, 分别计算了巴彦淖尔市 11 个气象站及周边 5 个气象站 1971—2000 年不同年代的植物气候生产力, 建立植物气候生产力与地理因素数学模型, 利用地理信息系统软件 (Citystar4.0) 将 1km^2 网格植物气候生产力进行可视化处理。此估算结果全面系统地表现了该市不同年代植物气候生产力的空间分布状况。共同点是: 在不同年代由东南向西北植物气候生产力呈减少的趋势。不同点是: 1991—2000 年, 降水多、温度高, 植物气候生产力水平最好; 1971—1980 年, 降水多、温度低, 植物气候生产力水平次之; 1981—1990 年, 降水少, 温度适中, 植物气候生产力水平最差。此估算结果为各级政府管理部门进行产业结构调整和生态环境保护提供了科学依据。

关键词: 网格 植物气候生产力 地理信息系统

植物气候生产力指某一地区植物群体在土壤肥力等其他条件满足其生长发育的情况下, 由当地的光、热、水气候因子决定的单位土地面积上的植物最大生物量 (包括地上和地下部分)。气候生产力的估算对土地分等定级、土地适宜性评价、农业气候区划、植物品种配置、种植制度安排、生态环境保护以及土地利用等具有重要意义。因此, 国内外非常重视这一工作, 很多研究者在该领域作了大量工作^[1-7]。

目前, 在植物气候生产力的估算中所用气候资料主要来自于常规气象台站^[1-7], 此方法对于大范围平原区域的植物气候生产力的估算可获得较好的结果。但是, 若针对地形复杂、气候垂直和水平差异悬殊的山区,

仅采用气象站点的气候资料则缺乏代表性, 估算值与现实植物生产力会产生较大差异^[8]。针对此问题, 采用小网格研究的办法, 以巴彦淖尔市作为研究对象, 利用巴彦淖尔市气象局的第三次农业气候区划成果——巴彦淖尔市 1km^2 网格点上的气候资料, 对各网格点上的植物气候生产力进行了定量估算, 分析了巴彦淖尔市植物气候生产力的历史演变的空间分布状况。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

巴彦淖尔市地处内蒙古西部, 总面积 65551.5 km^2 。连绵的阴山将该市分为两个

区域，山北为草原化荒漠和荒漠化草原，山南为河套平原，是国家和自治区重要的商品粮基地。河套平原总面积为 11195km^2 ，占该市面积的17%。该市属典型的中温带大陆性干旱、半干旱气候，年降水量为 $136\sim225\text{mm}$ ；年蒸发量为 $1992\sim3305\text{mm}$ ；全年大于 10°C 积温为 $2723\sim3339^\circ\text{C}$ ，年日照时数为 $3131\sim3214$ 小时，年辐射量为 $198.8\sim208.5\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，仅次于西藏南部，无霜期为 $117\sim150$ 天，农业种植一季有余，两季不足^[5]。该市降水少、蒸发强的特点，决定了该区无灌溉就无农业的客观事实。

1.2 资料与研究方法

气象资料来源于内蒙古自治区气象局资料中心， $1:25$ 万地理高程数据来源于中国测绘局，经度、纬度、海拔与气象因素细网格推算数据选取1971—2000年巴彦淖尔市11个气象站和周边5个站的资料。在该项研究中，植物气候生产力的估算采用国际上公认的、比较成熟的桑斯维特纪念模型(Thornthwaite-Memorial)^[2-4,7]：

$$Y = 3000 \{1 - \exp[-0.0009695(v - 20)]\} \quad (1)$$

式中， Y 为植物干物质总量，单位： $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ； v 为年平均实际蒸散量，单位： mm ，可由式(2)^[3]计算：

$$v = \frac{1.05p}{\sqrt{1 + (1.05p/L)^2}} \quad (2)$$

式中： p 为年降雨量，单位： mm ； L 为年平均最大蒸散量，单位： mm ，可用下面的Ture公式计算^[3]：

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3 \quad (3)$$

式中： t 为年平均温度，单位： $^\circ\text{C}$ 。

1.3 数据处理

1.3.1 植物气候生产力细网格推算模型

由于巴彦淖尔市境内地形复杂，有平原、山区、丘陵、湖泊、沙漠、戈壁，形态各异的地势和植被条件，形成了复杂的气候分布。境内有11个测站的资料，为了弥补站点不足，在西边的阿拉善盟、东边的包头市分别选取了拐子湖、吉兰太、包头、白云、满都拉等5站，作为周边补充资料站点。

根据式(1~3)计算出16个站点不同年代的植物气候生产力，与各站点的经度、纬度和拔海建立多元回归方程，即为植物气候生产力细网格推算模型。

1970年代植物气候生产力细网格推算模型：

$$Y_{70} = -4798.7984 - 19.751\phi + 55.6664\lambda + 0.0163h \quad (4)$$

$n=16, R=0.902, F=17.548 >> F_{0.01}=5.74$ ，故方程达极显著水平(下同)。式中： ϕ 为纬度， λ 为经度， h 为拔海高度，下同。

1980年代植物气候生产力细网格推算模型：

$$Y_{80} = -7975.1899 + 16.1314\phi + 72.7768\lambda - 0.1300h \quad (5)$$

$$n=16, R=0.937, F=28.5771$$

1990年代植物气候生产力细网格推算模型：

$$Y_{90} = -4507.9284 - 21.1558\phi + 53.3527\lambda + 0.0338h \quad (6)$$

$$n=16, R=0.889, F=15.083$$

1.3.2 网格数据进行可视化处理

将模式(4~6)在地理信息系统软件Citystar4.0平台上运算、分级、裁切制成巴彦淖尔市境内，不同年代植物气候生产力网格数据可视化处理图(见图1~3)。

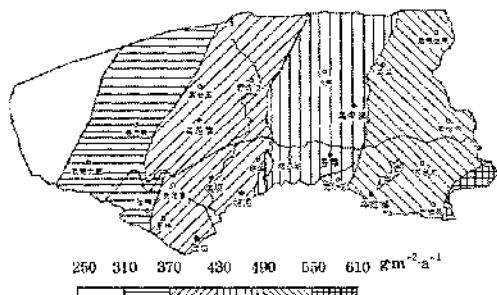


图 1 巴彦淖尔市 1971—1980 年气候生产力
($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 分级图

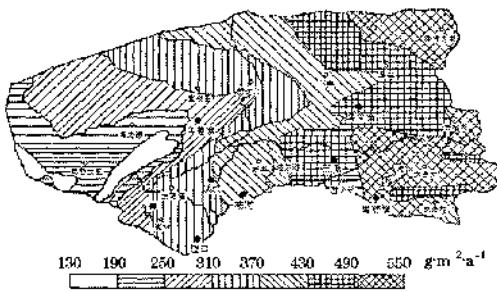


图 2 巴彦淖尔市 1981—1990 年气候生产力
($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 分级图

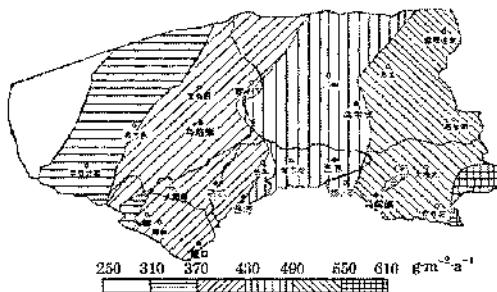


图 3 巴彦淖尔市 1991—2000 年气候生产力
($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 分级图

2 结果分析

2.1 巴彦淖尔市植物气候生产力的空间分布

由图 1~3 可以看出, 巴彦淖尔市植物气候生产力总体分布趋势为由东南向西北逐

渐减少。植物气候生产力高值区位于巴彦淖尔市的东南部地区, 最大值为 $610 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 此区的热量资源虽然少于西南部乌兰布和沙漠, 但是因其拥有较丰富的水资源, 所以气候生产力高于其他地区, 西北部山区因水热资源均较差, 植物气候生产力较低。

1970 年代, 全市降水量平均值为 170.8 mm , 年平均气温均值仅为 5.7°C , 虽然降水较多, 但因热量条件欠佳, 植物气候生产力高值分布仍不是最广的(见图 1), 最低值区为 $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 1980 年代, 全市降水量均值为 152.1 mm , 年平均气温均值为 6.1°C , 降水最少, 热量条件适中, 植物气候生产力高值分布范围狭小, 最低值区为 $130 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 1990 年代, 全市降水量均值为 173.9 mm , 年平均气温均值为 6.9°C , 降水较多, 热量条件较好, 植物气候生产力高值分布最广, 最低值区为 $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

2.2 各区旗县植物气候生产力的分析

各区旗县植物气候生产力可直接反映该区气候条件对植物气候生产力的影响和限制, 植物气候生产力是当地气候条件下的基础产量, 以此为依据, 可使各级管理部门更好的指导农、林、牧等植物生产, 避免主观性与片面性, 能从实际出发更合理地进行产业结构及农业内部产业结构的调整。为方便各行政区旗县之间的分析比较, 以各气象站为代表分别统计出了各地的植物气候生产力。

由图 4 可知, 在 11 个气象站中, 1970 年代, 只有五原、乌中旗、乌后旗 3 个站的植物气候生产力达到最高; 进入 1980 年代, 只有大余太 1 个站的植物气候生产力达到最高; 进入 1990 年代, 则有磴口、临河、杭后、乌前旗、海力素、前达门、乌兰 7 个站的植物生产力达到最高, 其中前 4 个站位于

河套灌区，而灌区有黄河水灌溉，在1990年代热量条件更加充足，加上地膜覆盖栽培

技术的普遍推广，以及新品种的引进，因此农业获得空前发展。

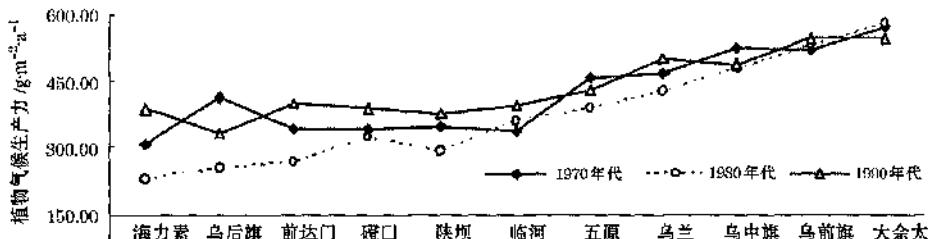


图4 巴彦淖尔市各旗县不同年代植物气候生产力均值 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

3 结语

巴彦淖尔市植物气候生产力的空间分布趋势是由东向西逐渐降低，最高值出现在东南部中滩农场，最低值出现在西北部的荒漠戈壁。有3条鲜明的等值线，把巴彦淖尔市植物气候生产力分成了4个区，其中 $370\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 等值线具有极其重要的意义，此线以西、以北植物气候生产力较低； $370\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 等值线以东至 $430\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 等值线区域，是巴彦淖尔市土地利用结构变化最为剧烈的区域，该区域植被覆盖率的增减变化会对该市的生态环境带来巨大的影响； $430\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 等值线以东至 $490\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 等值线区域，不但拥有较高的植物气候生产力，而且也是该市的生态环境较好的区域； $490\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上等值线区域，是植物气候生产力最高的区域，该区域不仅拥有内蒙古西部最大的湿地乌梁素海，还有最大的林地——乌拉山林场。在生态治理方面，乌中旗、大余太以西年降水量不足200mm的生态脆弱带地区，采取以休牧、禁牧为主的自然恢复型措施，这些地区应全面推广无人区，除保留一部分养骆驼专业户外全部牧户从生态脆弱带退出来^[9]。

以行政区旗县（区）为单位的植物气候

生产力比较分析可以看出，1970年代和1990年代乌拉特前旗和乌拉特中旗的东部植物气候生产力均较高，其平均值均在 $490\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上，乌拉特后旗西北部的植物气候生产力是巴彦淖尔市各区旗县中最低的，其值仅为 $250 \sim 370\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。1980年代的植物气候生产力的在 $130 \sim 370\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 之间的区域占该旗的95%。

利用小网格的气候资料估算植物气候生产力在气象台站稀少的山区进行植物气候生产力估算提供了一条崭新的途径，与单纯利用有限的山区气象台站的气候资料进行估算相比，其估算结果可更真实地反映山区不同地理地形条件下的植物气候生产力。利用地理信息系统对估算结果进行处理，可以更直观地反映山区植物气候生产力的空间分布状况，从而可方便快捷地获取任意区域的植物气候生产力的信息。

参考文献

- [1] 王惠昌. 南小河沟流域山坡地刺槐林生产潜力分析 [J]. 水土保持研究, 1998, 8 (4): 89-92.
- [2] 高素华, 潘亚茹, 郭建平. 气候变化对植物气候生产力的影响 [J]. 气象, 1994, 20 (1): 30-33.
- [3] 陈国南. 用迈阿密模型测算我国生物生产潜力的初步尝试 [J]. 自然资源学报, 1987, 2 (3): 270-277.
- [4] 候光良, 游松才. 用筑后模型估算我国植物气候生产力 [J]. 自然资源学报, 1990, 5 (1): 60-64.

- [5] 郭建平, 高素华, 刘玲. 中国北方地区牧草气候生产潜力及限制因子 [J]. 中国农业生态学报, 2002, 10 (3): 44-46.
- [6] 孙长忠, 沈国舫, 李吉跃, 等. 我国主要树种人工林生产力现状及潜力的调查研究 [J]. 林业科学研究所, 2001, 14 (6): 658-661.
- [7] 杨文坎, 李湘阁. 越南北方气候与气候生产力的研究 [J]. 南京气象学院学报, 2003, 26 (4): 504-515.
- [8] 孔德胤, 刘俊林, 侯中权, 等. 基于气象条件的巴彦淖尔市河套蜜瓜的品质区划 [J]. 中国农业气象, 2007, 28 (1): 64.
- [9] 孟淑红, 杨生, 天莹. 内蒙古草地资源及草业发展现状、问题与对策 [J]. 中国草地, 2004, 26 (5): 73.