

渭干河—库车河三角洲绿洲植物 气候生产力变化特征分析

满苏尔·沙比提, 吐尼沙古丽·牙生

(新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 收集位于渭干河—库车河三角洲绿洲区的库车气象站和沙雅气象站 1961~2000 年的气温和降水实测资料, 应用 Thornthwaite Memorial 模型计算渭干河—库车河三角洲绿洲区近 40 a 来自然植被净第一性气候生产力, 并以回归分析和趋势线分析方法分析了其年际变化特征。结果表明: ① 近 40 a 来渭干河—库车河三角洲绿洲区自然植被净第一性气候生产力呈现出明显的增长趋势, 其变化倾向率为 $28.21 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$, 在 40 a 中增加约为 $112.84 \text{ g}/\text{m}^2$, 近 40 a 来研究区自然植被净第一性气候生产力的变化趋势为自北向南显著增加。② 由于研究区水热条件的不同, 自然植被净第一性气候生产力有明显的区域差异, 整个研究区近 40 a 的自然植被净第一性气候生产力平均值为 $123.35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 北部库车县 $137.10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 南部沙雅县 $110.16 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 即自然植被净第一性气候生产力的空间分布是北高南低。③ 研究区自然植被净第一性气候生产力与年降水量的相关性优于自然植被净第一性气候生产力与年均气温之间的相关性, 因为渭干河—库车河三角洲绿洲是个干旱区绿洲, 气候干燥, 水资源短缺, 降水是自然植被净第一性气候生产力的主要限制因子。

关键词: 渭干河—库车河三角洲绿洲; 自然植被; 气候生产力; 年际变化

中图分类号: S162.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0212-05

资源、环境、人口是在当今世界三个最热门的话题, 全球范围的生态环境恶化是整个人类面临的共同挑战。为了防止生态环境进一步恶化, 全世界的科学家都在开展环境变化的研究, 力图搞清楚环境恶化的根源, 目的是想找到防止恶化的办法。这些研究中既包括常规的地面观测, 也包括做各种预测模型; 或从气象水文学科方面去研究环境的变化, 或从植被生产力的变化研究环境的变化; 因为植被生产力对环境变化非常敏感, 植被的生产能力是指植被借助太阳能同化 CO_2 制造有机物的能力, 可分总第一性生产力和净第一性生产力。总第一性生产力(GPP)是指绿色植物在单位时间和单位面积上所生产的全部有机物质, GPP 包括植被经光合作用生产的产量和呼吸作用消耗掉的有机物的数量(RSA)。净第一性生产力(NPP)是由光合作用所产生的有机质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分, 即: $\text{NPP} = \text{GPP} - \text{RSA}$ 。某一区域的植物净第一性气候生产力(简称植被生产力, 即 NPP)主要决定于该区域的光、热和水资源, 但是不同年份的光、热和水能资源有明显的差异。近年来, 全球气候变暖的话题讨论得很热烈, 全球变暖已是不争的事实, 在最近

100 年, 全球平均气温升高了 $0.3 \sim 0.6^\circ\text{C}$, 特别是 20 世纪 80 年代以来, 增温更为迅速。许多学者研究结果表明新疆乃至西北地区的气候变化已经对植物生产力产生了影响。那么在全球增温的大背景下, 新疆渭干河—库车河三角洲绿洲的气候变化对植物生产力产生如何影响? 研究清楚这些问题, 对于合理利用气候资源, 充分发挥气候生产潜力, 寻找提高生产力的途径, 特别是对于当前评价全球气候变化对生态系统的影响, 制定相应对策, 具有重要的理论和现实意义^[1-5]。

1 研究区概况

渭干河—库车河三角洲绿洲位于天山南麓, 塔里木盆地平原的北部, 北起秋里塔格山, 南接塔里木河北岸, 东与轮台、尉犁县相邻, 西与温宿县接壤, 是一个典型而完整的扇形平原绿洲。绿洲范围包括库车、沙雅和新和等三个县, 总土地面积 $523.75 \text{ 万} \text{ hm}^2$, 占全疆总国土面积的 3.16% , 绿洲面积 $56.096 \text{ 万} \text{ hm}^2$, 占全疆绿洲总面积的 3.8% 。现有灌溉面积 $21.026 \text{ 万} \text{ hm}^2$, 天然草场面积 $86.8 \text{ 万} \text{ hm}^2$, 人工草地面积 $0.16 \text{ 万} \text{ hm}^2$, 天然林面积 $20.63 \text{ 万} \text{ hm}^2$,

收稿日期: 2008-05-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40661015)

作者简介: 满苏尔·沙比提(1963—), 男, 新疆阿克苏人, 教授, 硕士生导师, 主要从事干旱区绿洲资源、环境与可持续发展研究。E-mail: mansurse@163.com。

人工林面积 3.3 万 hm^2 , 园地面积 0.96 万 hm^2 。该区地形由三部分组成:北部是高峻的天山山脉,海拔 3 000~5 000 m,是渭干河—库车河三角洲绿洲重要的水源地,冰川和涵养林景观;中部是以秋里塔格山为主的长期被剥蚀的低山和残丘,呈东西向断续分布,海拔 1 500~2 000 m;南部是山前平原区,主要是绿洲、沙漠和戈壁景观,渭干河—库车河使本地区形成和发育了较大的绿洲,是库车、沙雅和新和县经济发展的核心地带,新疆的主要产棉区之一及阿克苏地区最大的灌溉区。本绿洲位于中纬度地区,远离海洋,属典型的大陆性暖温带干旱气候,具有气候干燥,风沙频繁,降水稀少,蒸发量大,昼夜温差大,夏季干热,冬季干冷等特征^[6]。

2 数据及研究方法

2.1 数据

渭干河—库车河三角洲绿洲区内下垫面条件基本相似,地表起伏不大,而且库车气象站位于该绿洲的北部,沙雅气象站位于该绿洲的南部,在绿洲内部具有较好的代表性。因此,收集库车气象站和沙雅气象站 1961~2000 年气温和降水实测资料,计算该绿洲 1961~2000 年的气温、降水的年均值和年代平均值。

2.2 研究方法

目前估算自然植被净第一性生产力(NPP)的方法很多,许多学者利用气候统计模型、参数模型和过程模型对我国不同区域 NPP 的空间格局分布和年际变化进行了较为详细的研究^[7~9]。

常用的计算气候生产力的模型有 Miami 模型、Memorial 模型、Chikugo 模型、筑后数学模型、北京模型等,本文选取了计算简便、资料完整、同时可以明确表达气候变化对 NPP 影响的 Tharnthwaite Memorial 模型来计算渭干河—库车河三角洲绿洲的气候生产力。

Lieth 在 Tharnthwaite 研究的基础上,于 1972 年在 Montreal 举行的第 22 届国际地理学大会上提出由实际蒸发散量预测净第一性生产力的模型,即 Montreal 模型,后来改称为 C. W. Tharnthwaite 纪年模型:

$$NPP(E) = 3000 \times [1 - e^{-0.0009695(E-20)}] \quad (1)$$

式中, $NPP(E)$ 是以实际蒸发散量计算得到的植物净第一性生产力 [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]; e 为自然对数; 3000 是 Lieth 经统计得到的地球自然植物在每年每平方米上的最高干物质产量 (g); E 是年平均实际蒸发散量 (mm), 可用 Turc 公式计算, 即:

$$E = 1.05 \times R / [1 + (1.05 \times R / L)^2] \quad (2)$$

其中, R 为年平均降水量 (mm); L 为年平均最大蒸散量, 它是年均温度 t 的函数, 可用下式计算:

$$L = 300 + 25t + 0.05t^2 \quad (3)$$

当 $R/L > 0.316$ 时, (3) 式适用; $R/L < 0.316$ 时取 $E = R$ 。用 (1)~(3) 式所计算的植物生产力均为植物体所有的干物质量, 包括植物地上和地下部分的总和。

研究过程主要采用回归分析和趋势线分析方法。趋势分析利用计算的气象要素的时间序列, 以时间 (x) 为自变量, 要素 (y) 为因变量, 建立一元回归方程: $y(x) = a + bx$, 其中 $b \times 10$ 为变化倾向率, b 值的符号反映上升或下降的变化趋势。

3 气候生产力分析

将库车气象站和沙雅气象站 1961~2000 年年均温度, 年降水量代入 (1)~(3) 式计算得出渭干河—库车河三角洲绿洲区域气候生产力^[10]。

3.1 年际变化分析

由图 1 可以看出, 渭干河—库车河三角洲绿洲区年自然植被气候生产力在波动中呈现出增加的趋势, 对近 40 年的自然植被气候生产力进行线性拟合, 其趋势方程: $y = 2.8211x + 65.516$ ($R^2 = 0.2587$), 即渭干河—库车河三角洲绿洲区域的自然植被气候生产力每年增长约为 $2.82 \text{ g}/\text{m}^2$, 增长倾向率为 $28.21 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$; 位于研究区北部库车县的自然植被气候生产力每年增长约为 $2.66 \text{ g}/\text{m}^2$, 增长倾向率为 $26.58 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$, 比平均值低 5.78% ; 位于研究区南部沙雅县的自然植被气候生产力每年增长约为 $2.99 \text{ g}/\text{m}^2$, 增长倾向率为 $29.93 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$, 比平均值高 6.10% , 这表明, 近 40 年来研究区自然植被气候生产力的变化趋势为自北向南显著增加, 其主要原因是近 40 年来研究区的降水量自北向南增加的幅度较大。研究区近 40 年的自然植被气候生产力平均值为 $123.35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 库车县为 $137.10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 比 40 年平均值高 11.15% , 沙雅县 $110.16 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 比 40 年平均值低 10.69% , 即自然植被净第一性气候生产力的空间分布是北高南低, 表明近 40 年来研究区总的降水量北部多于南部, 北部气候能更好地满足自然植被的生长。气候生产力变化曲线中峰值出现在 1987 年, 达到 $321.18 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; 1973 年气候生产力最低, 为 $36.42 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。在 40 年中, 1972, 1974, 1976, 1978, 1979, 1981, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1997, 1998, 1999

等 19 年的气候生产力值高于多年平均值,其余 21 年的气候生产力值均低于平均值,气候生产力的变化没有明显的规律可寻。

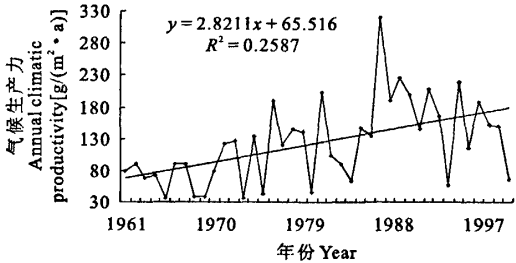


图 1 渭干河—库车河三角洲绿洲 NPP 年际变化

Fig. 1 The annual variation of NPP on Weigan - Kuqa River delta oasis

3.2 年代际变化分析

由表 1 可以看出,从 20 世纪 60 年代至 90 年代,渭干河—库车河三角洲绿洲自然植被气候生产力总体呈现出增加的趋势。其中,20 世纪 60、70 和

80 年代呈正增长,但 90 年代为负增长。将研究区内的库车和沙雅两县相比较,库车县自 20 世纪 60 年代至 90 年代一直增长,而且增加趋势越来越明显,但是沙雅县自 20 世纪 60 年代至 80 年代不断增长,到 90 年代却开始减少,即 90 年代沙雅县对渭干河—库车河三角洲绿洲自然植被气候生产力减少的贡献较大。

相对于 40 年的平均值,渭干河—库车河三角洲绿洲 60 和 70 年代的自然植被气候生产力,分别偏少 44.40% 和 10.77%,80 和 90 年代的分别偏多 36.24% 和 18.93%。库车和沙雅两县相比较,库车县仅 20 世纪 60 年代低于 40 年平均值,其余年代均高于 40 年平均值,但是沙雅县 20 世纪 60 和 70 年代低于 40 年平均值,而 80 和 90 年代高于多年平均值。由上述可知,沙雅县的自然植被气候生产力变化趋势与研究大区的变化趋势基本一致,也就是说,沙雅县自然植被气候生产力变化趋势对渭干河—库车河三角洲绿洲自然植被气候生产力变化趋势的贡献较大。

表 1 渭干河—库车河三角洲绿洲年代际平均气候生产力 $[g/(m^2 \cdot a), \%$]

Table 1 Decadal average climatic productivity and its distance from the mean of 40a on Weigan - Kuqa River Delta Oasis

年代 Decade	库车县 Kuqa County			沙雅县 Shayar County			全 区 Whole oasis		
	NPP	距平 Anomaly	距平百分率 Distance percentage	NPP	距平 Anomaly	距平百分率 Distance percentage	NPP	距平 Anomaly	距平百分率 Distance percentage
1961~1970	86.83	-0.27	-36.67	49.77	-60.39	-54.82	68.58	-54.77	-44.40
1971~1980	137.13	0.03	0.02	81.94	-28.22	-25.62	110.07	-13.28	-10.77
1981~1990	156.98	19.88	14.50	178.61	68.45	62.14	168.05	44.70	36.24
1991~2000	167.46	30.36	22.14	125.56	15.40	13.98	146.70	23.35	18.93
40 a 均值 Mean of 40a	137.10	—	—	110.16	—	—	123.35	—	—

4 气候因子对自然植被气候生产力的影响分析

4.1 气温对自然植被气候生产力的影响分析

热量是植物生活必需的环境因子之一,它是一种重要的气候资源。植物的生育过程要求在一定的温度条件下进行,只有当热量累积到一定数量后,才能完成整个生育过程并获得最终产量。生育期间热量不足或某个生育阶段温度过高、过低,都会给植物带来不利影响,严重的会造成灾害。

由图 2 可知,年均气温曲线和年气候生产力曲线的变化趋势不一致,大部分年份位相相反,年均气温相对高的年份,自然植被的气候生产力降低,年均

气温相对低的年份,自然植被的年气候生产力有所增长,即 1980 年年均温度较高,为 12℃,比 40 年平均值高 6.62%,而该年自然植被气候生产力较低,为 45 $g/(m^2 \cdot a)$,比 40 年平均值低 63.52%。这说明,自然植被气候生产力的高低与当地的年均气温没有直接的关系,其主要原因是:渭干河—库车河三角洲绿洲是个干旱区绿洲,气候干燥,热量充足,完全满足植物生育期间的热量需求,而且多余的热量增强了植物的蒸腾,抑制植物的光合作用。

4.2 降水对自然植被气候生产力的影响分析

大气降水是干旱、半干旱地区自然植被的主要水源,大气降水的多寡和时空变化是自然植被气候生产力的主要限制因子。

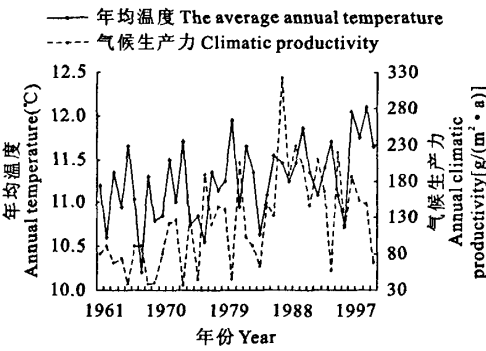


图 2 渭干河—库车河三角洲绿洲年均
温度与 NPP 之间的关系

Fig.2 The relationship between the average annual
temperature and NPP on Weigan - Kuqa River delta oasis

由图 3 可以看出,年降水量曲线和年气候生产力曲线的变化趋势完全一致,并且年降水量和自然植被净第一性生产力(NPP)之间的相关系数基本上为 1.00,说明自然植被气候生产力的高低与当年降水量有着直接关系。1987 年为 40 年中自然植被气候生产力值最高的年份,为 $321\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,该年的降水量为 137 mm ,也是 40 年来年降水量最多的年份,但该年年均气温较低,为 11.5°C 。该年充沛的降水增强了植物光合作用的强度,适宜的温度使得光合作用的效率处于较佳状态,从而使该年自然植被气候生产力达到 40 年的最高值;自然植被气候生产力最低值出现在 1973 年,为 $36\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,该年降水量只有 33 mm ,为 1961~2000 年中最干旱的一年。由此可知,渭干河—库车河三角洲绿洲是个干旱区绿洲,气候干燥,降水稀少,水资源短缺,降水是自然植被生育成长依赖的主要水源,因此,年降水量多寡是影响渭干河—库车河三角洲绿洲自然植被气候生产力大小的主要气候因子,而年均气温围绕多年平均值附近上下波动,对该区自然植被气候生产力的影响不明显,没有直接的联系。

5 结论与讨论

1) 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,由光、热、水等气候因子决定的单位土地面积上植物最大生物量,包括地上和地下部分。植物形成的生物产量是其自身生物学特性与外界环境因子相互作用的结果。空气中的 O_2 和 CO_2 含量、土壤肥力等都是比较固定的因子,而气候则随时空变化较大,因

此,某一地区的植物生物产量主要决定于该区域的光、热和水。

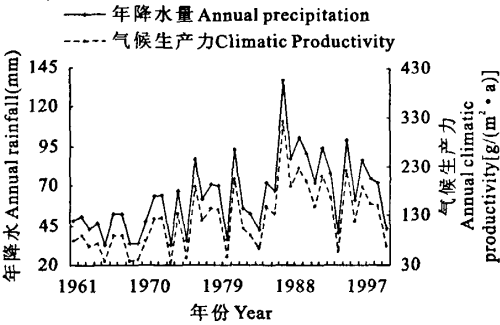


图 3 渭干河—库车河三角洲绿洲
年降水量与 NPP 之间的关系

Fig.3 The relationship between the precipitation and
NPP on Weigan - Kuqa River delta oasis

2) 受光、热和水等主要气候因素的影响,近 40 年来渭干河—库车河三角洲绿洲区的自然植被气候生产力在波动中明显增加,增长倾向率为 $28.21\text{ g}/(\text{m}^2\cdot 10\text{a})$,在 40 年中增加约为 $112.84\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$;其中,位于研究区北部库车县的增长倾向率为 $26.58\text{ g}/(\text{m}^2\cdot 10\text{a})$,在 40 年中增加约为 $106.31\text{ g}/(\text{m}^2\cdot 10\text{a})$;位于研究区南部沙雅县的增长倾向率为 $29.93\text{ g}/(\text{m}^2\cdot 10\text{a})$,在 40 年中增加约为 $199.7\text{ g}/(\text{m}^2\cdot 10\text{a})$,也就是说,近 40 年来研究区自然植被气候生产力的变化趋势为自北向南显著增加,其主要原因是近 40 年来研究区的大气降水量自北向南增加的幅度较大。

3) 由于研究区水热条件的不同,自然植被气候生产力具有明显的区域差异,即南低北高,整个研究区近 40 年中自然植被气候生产力的平均值为 $123.35\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,库车县 $137.10\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,比平均值高 11.15% ,沙雅县 $110.16\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,比平均值低 10.69% ,即自然植被净第一性气候生产力的空间分布是北高南低,其主要原因是研究区北部的库车、新和一带靠近天山南麓,大气降水量比南部沙雅一带略多,水分条件能更好地满足自然植被的生长发育。

4) 渭干河—库车河三角洲绿洲的光热资源丰富,可以满足多种植物的正常生长发育,但由于气候干燥,降水稀少等原因,自然植被气候生产力与年降水量的相关性优于植被气候生产力与年均气温之间的相关性,是降水变成了该区自然植被气候生产力的主要限制因子。多年植被气候生产力统计规律表

明,因渭干河—库车河三角洲绿洲区降水稀少,年际变化率极大,致使植被气候生产力年际变化增大。一年中降水最为集中的时期是夏季,同时夏季是雨热同期的季节,因此,夏季对自然植被气候生产力增长的贡献较大。

参考文献:

- [1] 田志会,李凤琴,郭文利,等.基于小网格的北京山区植被气候生产力及其限制因子分析[J].中国农业大学学报,2004,9(6): 21—26.
- [2] 孙 睿,朱启疆.中国陆地植被第一性生产力及季节变化研究[J].地理学报,2000,50(1):36—45.
- [3] 张宪洲.我国自然植被净第一性生产力的估算和分布[J].自然资源,1993,15(1):15—21.
- [4] 朱志辉.自然植被净第一性生产力估计模型[J].科学通报,1993,38(15):1422—1426.
- [5] 肖乾广,陈维英,盛永伟,等.用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 遥感资料估算中国的净第一性生产力[J].植物学报,2003,45(5):552—560.
- [6] 张 飞,塔西甫拉提·特依拜,孔祥德,等.干旱区绿洲土地利用景观格局动态变化研究[J].资源科学,2006,28(6):67—74.
- [7] 陈利军,刘高焕,励惠国.中国植被净第一性生产力遥感动态监测[J].遥感学报,2002,6(2):129—135.
- [8] 曹明奎,陶 波,李克让,等.1981~2000 年中国陆地生态系统碳通量的年际变化[J].植物学报,2003,45(5):552—560.
- [9] 程 霞,李 帅,师庆东.阿勒泰地区气候生产力变化分析[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):86—88.
- [10] 陶 波,李克让,邵雪梅,等.中国大陆净初级生产力时空特征模拟[J].地理学报,2003,58(3):372—380.

The Analysis on the characteristics of plant climatic productivity variations on Weigan River – Kuqa River delta oases

Mansur Sabit, Tunsagul Yasen

(School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: Based on the measured data of temperature and precipitation at Kuqa and Shayar meteorological stations from 1961~2000, it calculated the four-decade natural vegetation net primary climatic productivity of Weigan River – Kuqa River delta oasis used the Thornthwaite Memorial Model, and analyzed its annual variability by the methods of regression and trend line analysis. The results show that ① there was an obvious increase in natural vegetation net primary climatic productivity of Weigan River – Kuqa River delta oasis between 1961 and 2000 by a changing rate of $28.21 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$. The changing rate rose by $112.84 \text{ g}/\text{m}^2$ in this time period, and it showed an increase trend from north to south in this region; ② There are clear regional differences of natural vegetation net primary climatic productivity in this delta oasis because of the varied hydrothermal conditions. The average value of natural vegetation net primary climatic productivity during the four decades in this region is $123.35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, but Kuqa County on the north and Shayar County on the south have a value of $137.10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ and $110.16 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ respectively. ③ The correlation between natural vegetation net primary climatic productivity and precipitation is superior to that between natural vegetation net primary climatic productivity and the average annual temperature due to the main restricting factors such as dry climate, water shortage and limited precipitation.

Keywords: Weigan River – Kuqa River delta oasis; natural vegetation; climatic productivity; annual variability