

西双版纳近 40 年气候变化 对自然植被净第一性生产力的影响

刘文杰

(中国科学院 西双版纳热带植物园热带雨林生态站, 云南 勐仑 666303)

摘 要: 从西双版纳地区近 40 年自然植被净第一性生产力(NPP)的时空变化, 讨论了“暖湿型”、“暖干型”气候变化对植被 NPP 的影响。结果表明, 西双版纳地区近 40 年 NPP 平均为 $17.589 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 呈略为下降的趋势; 当年均温升高 2°C 、降水量增多 20 % 时, NPP 呈升高趋势; 当年均温升高 2°C 、降水量减少 20 % 时, 全区大部分地区 NPP 呈降低趋势, 部分地区略有升高。

关键词: 气候变化; 净第一性生产力; 西双版纳

中图分类号: S424

文献标识码: A

许多研究表明, 大气中 CO_2 及其它痕量气体含量急增; 温室效应加剧了全球气候变暖, 并带来一系列的环境问题^[1]。20 世纪 80 年代是全球气候变暖最显著的 10 年, 也是近 40 年来中国气候变暖最显著的 10 年; 80 年代中国气候变暖有明显的区域性和季节性差异^[2]。气候变化必然会引起自然生态环境的变化, 进而影响自然植被生产力。高素华等从分析我国近 40 年气温变化特征出发, 初步分析了气温变化对农业、植被生产力的影响^[3]。章基嘉等据全国 160 个气象站资料, 采用莱亨泊公式计算了光温生产潜力, 给出了其时空变化特征及温度对光温生产潜力的影响^[4]。本文利用西双版纳地区 ($21^\circ 10' \text{N} \sim 22^\circ 40' \text{N}$, $99^\circ 55' \text{E} \sim 101^\circ 50' \text{E}$) 5 个站 1955~1995 年的气象资料, 根据植物生理生态学特点及区域蒸散模式建立的植被净第一性生产力模型^[5], 计算了植被净第一性生产力, 分析了其随气候变化的规律和特点。同时, 讨论了“暖湿型”、“暖干型”气候变化对植被第一性生产力的影响。

1 材料和方法

1.1 气象资料

气象资料取自西双版纳地区气象台、站 1955~1995 年的气象记录。所用指标有经纬度、海拔高度、年及各月气温、降水量、地表净辐射量、地温、湿度、云量及日照率。

1.2 植被净第一性生产力(NPP)的估算

在计算植被净第一性生产力(NPP)的模型中, Chikugo 模型是较好的估算方法, 它是植物生理生态学 and 统计、相关方法结合的产物, 综合考虑了诸因子的作用, 是一种半经验半理论的方法^[6]。但是, 该模型在推导过程中是以土壤水分充分供给、植物生长茂盛条件下的蒸散来计算的, 对许多地区该条件并不满足, 尤其是干旱、半干旱地区。周广胜根据植物生理生态学特点及联系能量平衡方程和水量平衡方程的区域蒸散模式建立了植物 NPP 模型^[5], 该模型模拟的 NPP 接近于实测值, 优于 Chikugo 模型。其模型为

收稿日期: 1999-07-20; 改回日期: 1999-11-20

基金项目: “九五”重大项目(KZ951-A1-301)和特别支持项目(KZ95T-04)共同资助。

作者简介: 刘文杰(1969-), 男(汉族), 河南封丘县人, 助理研究员。1991 年毕业于云南大学地球物理系。现从事热带森林生态系统水文、小气候方面的研究工作, 已发表研究论文 10 余篇。

$$NPP = RDI \cdot \frac{rR_n(r^2 + R_n^2 + rR_n)}{(R_n + r)(R_n^2 + r^2)} \cdot \exp(-\sqrt{9.87 + 6.25 \cdot RDI}) \tag{1}$$

式中 NPP 为植物净第一性生产力($t \cdot DM/hm^2 \cdot a^{-1}$); r 为年降水量(mm); R_n 为地表获得的净辐射量(换算为蒸发量单位, mm); $RDI = R_n/r$ 为辐射干燥度, 系辐射能量的净收入与蒸发掉年降水所需能量的比值。其中无辐射观测台站的 R_n 用下式计算

$$R_n = R_a \cdot (1 - V') - I \tag{2}$$

式中 R_a 为总辐射($J/cm^2 \cdot a^{-1}$); I 为长波有效辐射($J/cm^2 \cdot a^{-1}$); V' 为反射率, 取 $0.12^{[7]}$ 。 R_a 的求算为

$$R_a = \frac{(R_n)^0}{4.18} [1 - 0.098 \cdot (\log h - 2)] \cdot [0.202 + 0.643(n/N)] \tag{3}$$

式中 $(R_n)^0$ 为天文辐射($J/cm^2 \cdot a^{-1}$); h 为海拔高度(m); n/N 为日照率。 I 的求算为

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i \tag{4}$$

$$I_i = \frac{S \cdot \sigma}{4.18} \cdot T_a^4 \cdot (0.39 + 0.058 \sqrt{e_a}) \cdot [0.10 + 0.90(n/N)] \tag{5}$$

式中 σ 、 S 为常数; T_a 为月均气温(绝对温度); e_a 为月均水汽压($100 Pa$); n/N 为月日照率。

本文利用以上关系式计算西双版纳地区 NPP 值。

2 近 40 年 NPP 变化

2.1 近 40 年 NPP 变化特征

图 1 为西双版纳的勐仑、景洪、勐海三区近 40 年 NPP 时间变化曲线。由图可见, 三区 NPP 年际变化曲线大体相似, 均是在 1967 年出现 40 年内最高值, 最低值虽不在同一年(三区分别在 1977、1979、1978 年), 但均有极低值与其对应。同时, NPP 曲线 40 年内有三个低值时期, 分别在 60 年代初期、70 年代末期、80 年代末期。四个高值期分别为 50 年代中期、60 年代中期、80 年代中期、及 90 年代中期。因此, NPP 曲线大致有约 10 年的波动周期, 且 80 年代前后 NPP 波动相对较大。同时近 40 年 NPP 值有略为下降趋势。

表 1 为西双版纳各地不同年代 NPP 值。可见, 各地 60 年代 NPP 值均较高, 全区平均达 $17.882 t/hm^2 \cdot a^{-1}$, 最高为勐仑达 $19.350 t/hm^2 \cdot a^{-1}$; 70 年代 NPP 值下降, 全区平均下降了 $0.894 t/hm^2 \cdot a^{-1}$, 下降最多的为勐海达 $1.270 t/hm^2 \cdot a^{-1}$; 80 年代 NPP 值上升, 全区平均上升 $0.329 t/hm^2 \cdot a^{-1}$, 上升最多的为勐仑达 $0.482 t/hm^2 \cdot a^{-1}$; 90 年代 NPP 值持续上升, 全区平均上升了 $0.458 t/hm^2 \cdot a^{-1}$, 上升最多的为大勐龙达 $0.975 t/hm^2 \cdot a^{-1}$ 。90 年代与 60 年代相比, NPP 值上升的有勐腊、大勐龙、勐仑, 而景洪、勐海两地 NPP 值略有下降。同时由表可见, NPP

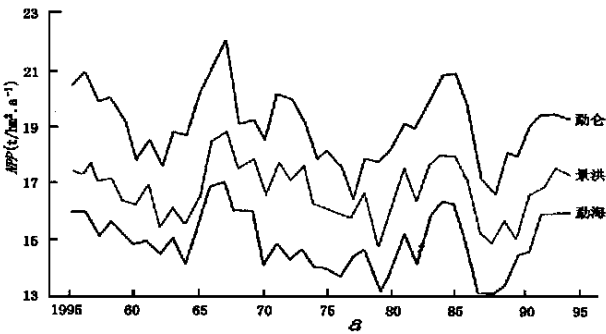


图 1 西双版纳部分地区 NPP 年际变化曲线
Fig. 1 The annual variation curve of NPP of partial areas in Xishuangbanna

最大值, 全区平均达 $20.224 t/hm^2 \cdot a^{-1}$, 而勐仑竟达 $22.070 t/hm^2 \cdot a^{-1}$ 。西双版纳地区 NPP 值的这种年代分布特征与高素华的研究结果^[3]大致相同。

2.2 近 40 年 NPP 的区域分布特征

图 2 是据 10 站(长期及不定期观测站各 5 个)气象资料所计算 NPP 值绘制的分布图。由图可见,

表 1 西双版纳各地不同年代 *NPP* 值($\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$)

Table 1 Natural vegetation *NPP* of different periods in different areas of Xishuangbanna ($\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$)

站 名 Station name	全 区 Whole district	景 洪 Jinghong	勐 腊 Mengla	大 勐 龙 Damenglong	勐 海 Menghai	勐 仑 Menglun
纬度(N) Latitude	21°10′~22°40′	22°00′	21°29′	21°35′	21°55′	21°56′
经度(E) Longitude	99°55′~101°50′	100°48′	101°34′	100°40′	100°25′	101°15′
海拔(m) Altitude	480~2430	523	632	622	1176	560
60 年代 Sixties	17.882	17.072	18.784	18.485	15.517	19.350
70 年代 Seventies	16.988	16.596	18.043	17.667	14.247	18.385
80 年代 Eighties	17.317	16.756	18.196	17.912	14.729	18.992
90 年代 Nineties	17.775	16.817	18.887	18.887	14.920	19.366
平均 Average	17.589	16.809	18.419	18.173	14.844	18.970
最大 值 Maximum	20.244	18.880	21.884	21.244	17.084	22.070
出现年份 Appearance year	1967	1967	1967	1967	1967	1967
最小 值 Minimum	15.454	14.719	16.392	15.828	13.007	16.210
出现年份 Appearance year	1988	1979	1987	1987	1978	1977

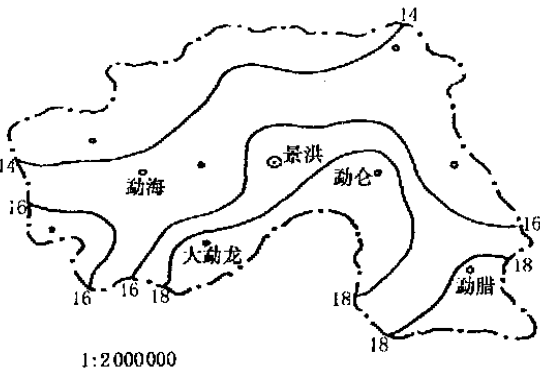


图 2 西双版纳近 40 年平均 *NPP* 分布
Fig. 2 The distribution for average *NPP* of the recent 40 years in Xishuangbanna

西双版纳地区 *NPP* 基本上呈纬向分布, 随纬度的增加而减少, 并有由西北向东南增加的变化趋势。西北部多中、低山, 海拔 $> 1\,200\text{ m}$, 地带性植被为南亚热带山地常绿阔叶林, *NPP* 值 $< 14.0\text{ t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$; 中部地区地貌多为低山、丘陵分布, 海拔 $800\text{ m} \sim 1\,200\text{ m}$, 地带性植被为南亚热带山地常绿阔叶林与热带山地季雨林相间分布, *NPP* 值为 $14.0\text{ t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1} \sim 16.0\text{ t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$; 东南部地区为河谷、盆坝区, 海拔 $500\text{ m} \sim 800\text{ m}$, 地带性植被为热带沟谷雨林或季雨林, *NPP* 值为 $16.0\text{ t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1} \sim 20.0\text{ t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$ 。造成这种地区差异的主要原因是西北部热量资源少, R_n 及温度低, 而中部和东南部这些条件优于西北部, 故 *NPP* 值较高。

3 气候变化对 *NPP* 的可能影响

全球变化导致气候变暖的结果是复杂多样的, 气温和降水的变化也是不一致的。据研究, CO_2 倍增后地球气温可上升 $3.0\text{ }^\circ\text{C} \pm 1.5\text{ }^\circ\text{C}$ [8,9], 但考虑到海洋对温室效应的延缓作用, 气温上升只有预计的一半, 即上升 $2.0\text{ }^\circ\text{C}$ 左右 [10]。 CO_2 倍增对降水的影响问题众说不一, 气候模拟的结果误差一般和 CO_2 倍增对降水量变化的最大幅度相差不多 [11]。但分析西双版纳地区近 40 年降水变化, 发现年降水量总趋势是在减少, 尤其是 70 年代和 80 年年代中期以来, 约比 50 年代分别减少 6 % 和 8 %, 且降水更集中在雨季(雨强增强), 相对于干季更加干热 [11]。因此, 我们以两种可能的气候变化预测本区 *NPP* 变化情况, 即“暖湿型”气候, 气温升高 $2\text{ }^\circ\text{C}$, 降水增加 20 %; “暖干型”气候, 气温升高 $2\text{ }^\circ\text{C}$, 降水减少 20 %。计算公式采用(1)~(4)式, 计算中假定其它条件不变。

3.1 “暖湿型”气候对 *NPP* 的影响

“暖湿型”气候(温度升高 $2\text{ }^\circ\text{C}$, 降水增加 20 %)条件下西双版纳地区 *NPP* 的距平百分率分布如图 3 所示, 可见, 全区 *NPP* 均是增加, 其中东南部河谷、盆坝区距平值在 4 % 以上, 中部低山区在 2 % ~ 3 %;

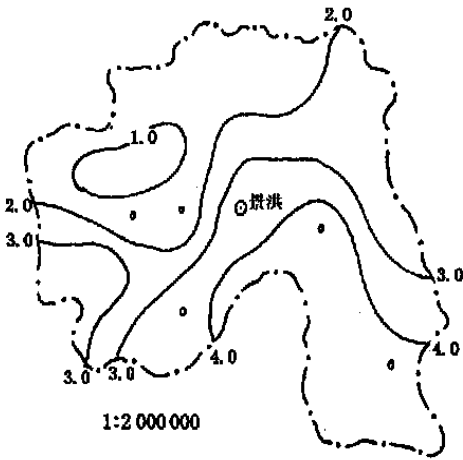


图 3 “暖湿型”气候的 NPP 距平百分率分布
Fig. 3 Distribution of departure percentage of NPP under “warm-wet” climate

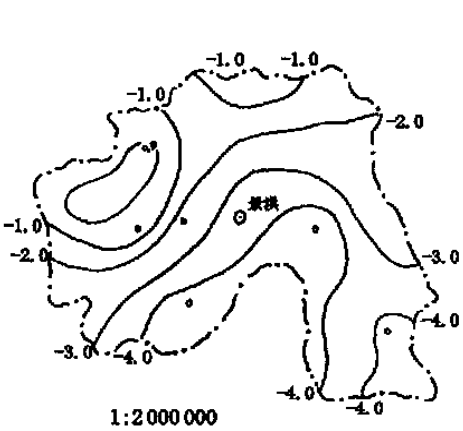


图 4 “暖干型”气候的 NPP 距平百分率分布
Fig. 4 Distribution of departure percentage of NPP under “warm-dry” climate

西北部中、低山区 $\leq 2\%$ 。这说明“暖湿型”气候变化对 NPP 增加有利, 增加趋势由西北向东南增大。

3.2 “暖干型”气候对 NPP 的影响

“暖干型”气候(温度升高 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 降水减少 20%)使西双版纳地区 NPP 呈减少趋势(图 4), 尤其是东南部河谷、盆坝区, 减少在 4% 以上; 中部地区 NPP 减少在 $2\% \sim 3\%$; 西北部减少 $\leq 2\%$, 少数高山地区 NPP 不变或略有增加, 其增加的原因是在降水相对过剩的条件下, 温度升高有利于植物的生长。因此, “暖干型”气候变化对西双版纳大部地区植被的生长有不利的影响。

4 小 结

- 1. 西双版纳地区近 40 年植被 NPP 呈略有下降的波状变化趋势: 60 年代最高, 70 年代最低, 80 年代有所升高, 90 年代略高于 80 年代;
- 2. 植被 NPP 区域分布基本呈纬向分布, 东南部河谷区高, 西北部中、低山区较低;
- 3. 气候变化对 NPP 影响显著, “暖湿型”气候变化对全区植被生长有利; “暖干型”气候变化对大部分地区植被生长不利, 少数高山区 NPP 略有增加或不变。

参考文献:

[1] 张家诚. CO_2 的气候效应与华北干旱问题[J]. 气象, 1989, 15(3): 20~25.
[2] 章基嘉. 40 年来中国气候变化[J]. 天津气象, 1992, (1): 1~15.
[3] 高素华. 气候变化对植物气候生产力的影响[J]. 气象, 1994, 20(1): 30~33.
[4] 章基嘉. 气候变化对中国农业生产光温条件的影响[J]. 中国农业气象, 1993, 14(2): 11~16.
[5] 周广胜, 张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报, 1995, 19(3): 193~200.
[6] 张宪洲. 我国自然植被净第一性生产力的估算与分布[J]. 自然资源, 1993, (2): 15~21.
[7] H. A. 叶菲莫娃(王炳忠译). 植物产量的辐射因子[M]. 北京: 气象出版社, 1983. 6~10.
[8] 赵宗慈. 五个全球大气海洋环流模式模拟 CO_2 倍增对气候变化的影响[J]. 大气科学, 1990, 4(1): 1~7.
[9] 郑斯中, 等. 气候影响评价[M]. 北京: 气象出版社, 1989. 10~20.
[10] 王绍武. 温室气体增长对气候和社会的影响[J]. 气象科技, 1989, (1): 15~20.
[11] 刘文杰. 勐仑地区气候特征、变化趋势及对热带植物的影响[J]. 热带植物研究, 1996, (38): 16~22.

IMPACT OF CLIMATIC VARIATION ON NET PRIMARY PRODUCTIVITY OF NATURAL VEGETATION IN XISHUANGBANNA IN RECENT 40 YEARS

LIU Wen-jie

(*Tropical Rainforest Ecosystem Station, Xishuangbanna Tropical Botanic Garden,
Chinese Academy of Sciences, Menglun 666303 PRC*)

Abstract: In this paper, climatic data from 1955 to 1995 in 10 stations over Xishuangbanna are used in a new primary productivity (NPP) model of natural vegetation, with a view to the ecophysiological feature and regional evapotranspiration model relating the water balance equation and heat balance equation, to estimate the temporal and spatial change of NPP in recent 40 years in this area. And the effects of “warm-wet” and “warm-dry” climatic change on NPP are discussed. The results showed that the NPP value is meanly $17.589\text{t/ht}\cdot\text{a}^{-1}$ under the recent 40 years, and has a little drop tendency. When the annual mean temperature increases $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the annual precipitation increases 20 %, NPP may increase in whole district. When the annual mean temperature increases $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the annual precipitation decreases 20 %, NPP may decrease in major districts, while increase in minor districts.

Key words: Climatic variation; net primary productivity; xishuangbanna