

云南 UV-B、臭氧总量及气候与农业产量的关系*

郭世昌 王卫国 秦芳 杨忠诚

(云南大学地球科学系, 昆明 650091)

提 要

通过对 1980—1990 年期间一系列观测及统计资料进行综合分析后指出: 80 年代我国云南的气候变化是以变暖和变干为主要特征, 粮食产量与旱涝有很好的对应关系. 有关研究结果还表明, 在云南 12 种农作物中, 特别是大豆的产量, 与大气臭氧变化及抵达地面的太阳生物有效紫外线(UV-B, 280—320 μm)辐照量之间有较为明显的相关.

关键词: 气候变暖; 臭氧总量; 紫外辐射; 农业产量.

1 引 言

近几十年来, 不少专家学者提出, 全球气候变暖对地球生态环境有重大的影响. 但是, 一些资料数据的分析表明, 我国的气候变化与全球并不完全一致^[1]. 同样, 由于云南具有显著的季风气候特征, 加之其地处低纬高原、地形十分特殊复杂, 因而其气候变化也不一定同全国以至全球完全一致.

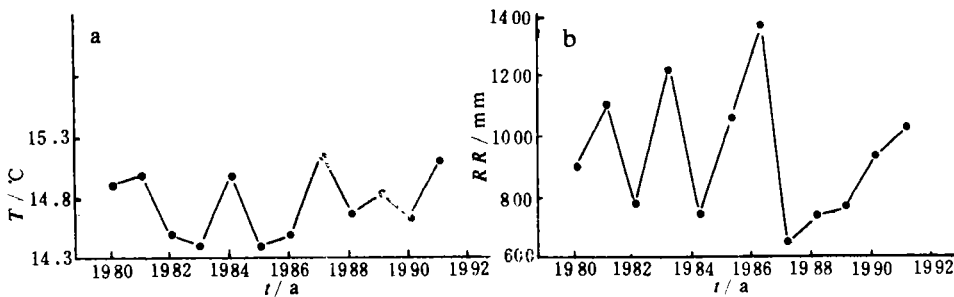


图1 昆明 1980—1991 年年平均温度(a)和年降水总量(b)逐年变化曲线

图1给出了滇中地区的代表站昆明 1980—1991 年的年均温和年雨量时间演变曲线. 可见, 作为气候重要标志的气温和雨量, 其变率是相当大的. 尤其是降水, 1986 与 1987 年

1992 年 10 月 14 日收到, 1993 年 3 月 31 日收到再改稿.

* 本研究属于云南省教委及云南省科委基金资助项目.

的差值几乎相当于气候平均量的 76%。

我们知道,太阳活动是导致气候变化的主要原因,大气环流可看成是太阳活动的产物.当然,太阳活动的异常及人类活动影响某些大气痕量成分的结果,也可改变到达地球的太阳 UV-B 辐照,并加剧温室效应和大气污染,最终可能使农业生产的不稳定性增大.

从图 2 可以看到,云南省粮食、油菜和烤烟亩产量较上一年减产的年份数发生频数分别为 3、5、6,达到 27%、45%和 55%.由此可见,80 年代云南农作物产量的起伏变率大且不稳定.

综上所述可知,云南所具有的特殊地理条件,使得其粮食产量与气候变化等因素之间的相互作用关系更加复杂.因此,有必要较为具体而全面地加以分析和研究,以期对此有一个较为深刻的认识.

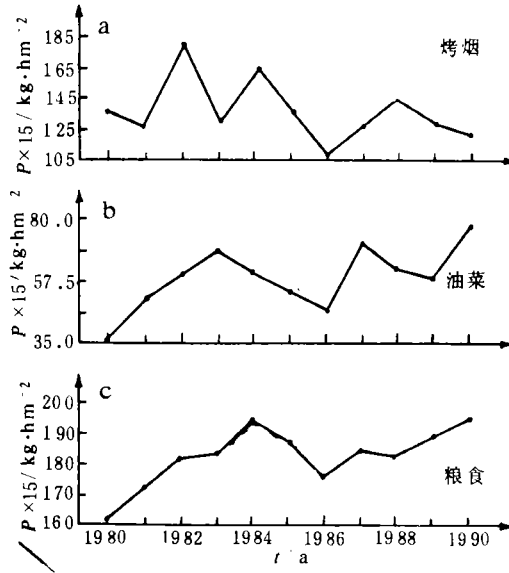


图 2 云南省 1980—1990 年烟叶(a) 油菜(b) 粮食(c)亩产量的逐年变化

2 30hPa 气温和地面气温变化的分析

国内外几乎所有的气候模式研究都证明,所谓全球气候变暖,是指对流层里气温变暖,而在平流层里则是变冷的^[2].那么云南的情况怎样?为讨论简便起见,在此我们仍以昆明一站的情况为代表.依照通常的做法,用 30hPa 的气温表示平流层的温度,选用《中国高空气象记录月报》给出的昆明 30hPa 月平均温度资料,可以描绘出图 3.由图 3 显然可以看出,在本文所考虑的时段内,昆明 30hPa(亦即平流层)的温度总体上存在着变冷的趋势.

与之对应,根据 1980—1991 年期间云南各月的平均温度及年平均温度资料,我们任

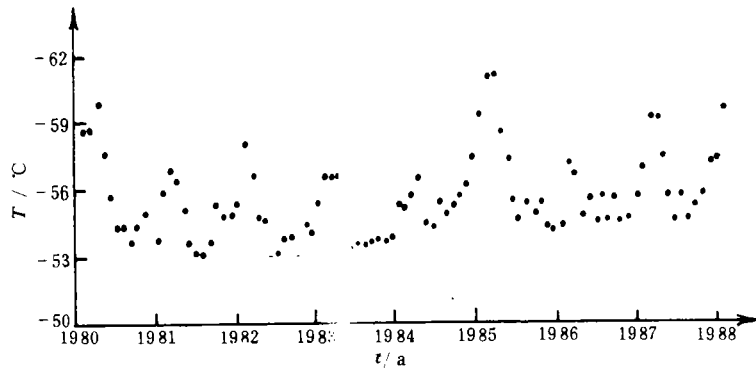


图 3 昆明站 1980—1987 年平流层(30hPa)温度演变趋势

表 1 云南各站 1980—1991 年各月及年平均气温距平值(单位:°C)

站名	纬度(°N)	经度(°E)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
德钦	28°27'	98°53'	0.8	0.7	0.5	-0.2	1.0	0.9	0.4	0.8	0.5	0.7	0.9	2.1	0.6
昭通	27°21'	103°43'	0.5	0.2	-0.5	-1.0	0.2	0.6	-0.4	0.0	-0.5	0.1	0.5	-0.2	0.1
丽江	26°52'	100°13'	0.1	0.1	-0.2	-0.7	-0.1	0.7	0.3	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
东川	26°06'	103°10'	0.5	0.8	-0.3	-1.5	-0.7	0.5	-0.2	0.2	-1.0	-0.3	0.7	-0.9	-0.3
保山	25°07'	99°10'	0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.3	0.2	0.1	0.4	0.1	0.3	0.3	0.5	0.1
昆明	25°01'	102°41'	0.3	-0.2	0.1	-0.2	-0.1	0.4	0.0	0.3	0.2	0.5	0.5	-0.3	0.1
广南	24°04'	105°04'	0.6	-0.4	-0.1	-0.5	-0.2	0.6	0.1	0.6	-0.1	0.2	1.0	-0.5	0.1
景洪	22°00'	100°48'	1.2	1.3	0.8	0.8	0.5	0.7	0.4	0.8	0.5	0.9	1.1	0.6	0.8

意选出 20 个站,计算其变化距平,从而可以列出表 1(因篇幅限,仅列其中 8 个站)。

由表 1 可知,1980—1991 年期间,云南地面气温主要的变化趋势是变暖的,变暖的区域几乎遍及全省。其中,滇西北的德钦、中甸、丽江为变暖,滇东北的昭通也反映出变暖趋势,这与国内一些人^[1]的结论不太一致。其原因可能是文献^[1]是全国性分析、在云南取站较少,而本文考虑的时段则较短,只有 12 年,具体原因有待进一步分析。

从各月的变化情况来看,变暖主要集中在 6—11 月及 1—2 月。从极端值来看,年平均温度变化最大值出现在景洪,达 0.8°C;月平均温度变化最大值出现在德钦(12 月)和曲靖(2 月),均达到 2.1°C,远远大于 0.5—1°C/100a 的气候自然变动幅度。就变冷地区而言,变冷主要集中在 3—5 月及 12 月。从平均变化情况来看,11 月平均变暖为 0.7°C,6 月平均变暖也达 0.5°C,表明这两个月的变暖趋势是很明显的。

3 降水量变化的分析

类似地,我们仍然考虑上述 20 个站的情况,采用同样的方法,可以获得各站的降水量对常年平均的距平。表 2 给出了其中 8 个站的计算结果。

表 2 云南各站 1980—1991 年各月及年总降水量距平值(单位:mm)

站名	纬度(°N)	经度(°E)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
德钦	28°27'	98°53'	-2.3	-1.9	2.8	-1.8	-20.5	-14.8	-29.0	-36.0	10.5	6.2	1.0	-0.5	-82.8
昭通	27°21'	103°43'	1.2	-2.4	3.8	-1.4	14.3	-40.4	5.9	-4.2	-3.0	-3.2	-14.4	-1.8	-35.6
丽江	26°52'	100°13'	-0.1	-0.1	2.3	2.1	-9.0	19.3	-28.9	-40.7	38.6	13.8	-2.7	1.2	-4.2
东川	26°06'	103°10'	2.4	-5.1	5.1	8.7	15.2	-5.7	27.3	-7.7	34.9	7.6	-15.8	2.9	55.5
保山	25°07'	99°10'	3.0	3.2	4.1	21.9	-8.6	47.7	-69.7	-39.2	4.8	11.2	-2.2	-0.5	-8.0
昆明	25°01'	102°41'	0.8	1.4	1.9	3.6	-11.7	-20.3	-4.9	4.3	13.3	4.3	-3.8	2.0	-53.3
广南	24°04'	105°04'	0.6	1.2	5.5	1.9	-8.8	-38.3	-41.4	-22.9	-4.6	8.6	18.4	-4.5	-102.0
景洪	22°00'	100°48'	-16.5	7.6	0.0	6.7	-4.0	-46.2	-4.2	57.6	-2.8	2.3	40.1	-5.5	-91.4

分析表 2,可有以下两点初步结果:①80 年代,云南降水主要呈现减少的趋势。这种趋势主要集中在滇南、滇西和滇东北地区。从季节分布来看,这种趋势主要集中在 5—8 月,而 2—4 月和 9—10 月则主要是降水增加的,说明雨季有提前和延后的趋向;②就年雨量而言,最大正距平在东川,为 55.5mm,最大负距平在广南,达 -102.0mm。从各月降水量来看,最大正距平在景洪(8 月,57.6mm),最大负距平在保山(7 月,-69.7mm),分别是其历史气候平均值的 23.6%和 38.6%。

此外,类似于文献^[3]的做法,我们还计算了所考虑时段中云南各地的旱涝指数。结果

同样表明,12年当中,1980、1984、1987、1988和1989年,云南大部分地区出现干旱;1983、1990、1991年是洪涝地区占多数;1981和1986年则较为特殊,前者是滇南洪涝,后者是滇中坝区(主要产粮区)洪涝,这与图1、图2所示的一致,导致云南在1986年粮食生产出现了大幅度的减产。

综合以上讨论,我们可以发现:80年代云南的气候具有暖而干的变化趋势,而且主要表现在滇南地区。

4 大气臭氧总量及太阳 UV-B 的变化

80年代,太阳活动处于准11年周期变化的第21—22周期.1981年,达第21周期峰值.1986年,太阳黑子活动进入低谷时期即相对平静期,也是太阳准11年变化第22周期的开始。

在图4中,我们根据南京紫金山天文台和云南天文台观测到的太阳黑子活动相对数资料,以及昆明大气臭氧监测站的臭氧总量观测资料,绘制出了太阳活动和昆明地区臭氧层变化曲线.此外,类似于文献[4]的做法,还针对云南低纬高原、辐照强烈的特点,在考虑 O_3 吸收、季节变化、海拔高度、Rayleigh散射和纬度诸因素作用下,对地面获得太阳UV-B积分辐照度作了估算,其结果也在图4中给出。

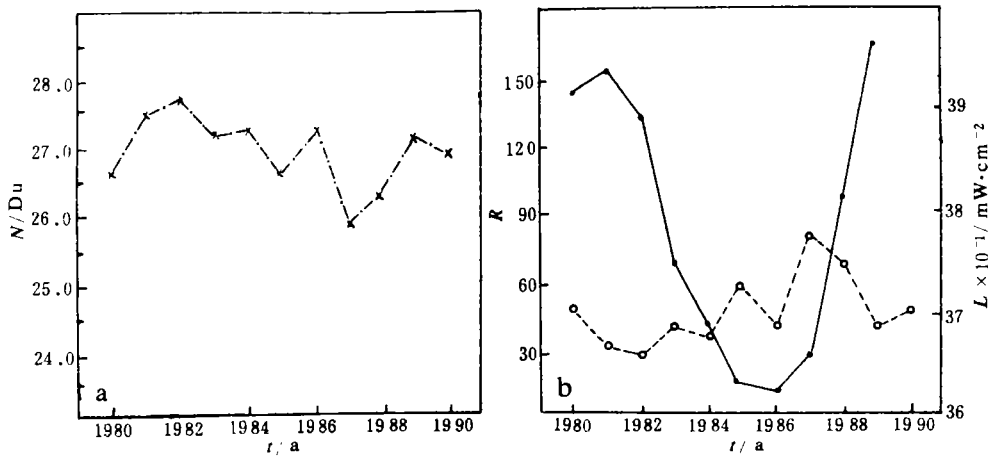


图4 1980—1990年昆明 O_3 总量(N)(a)太阳黑子相对数R、及UV-B辐照度(L)(b)的时间变化

分析图4,可以获得以下几点结果:①臭氧总量变化与太阳活动之间有一年左右的后延相关性存在.例如,太阳黑子活动相对数R在1980—1981年及1985—1986年分别达到其极大值和极小值,而臭氧总量变化在1982年和1987年则分别达到其极大值和极小值.当然,臭氧总量本身还包含着两种变化,一是准两年振动,另外在所考虑时段内还有缓慢下降的趋势,这与北半球臭氧层普遍出现变薄的趋势^[5]是一致的,值得我们警惕.②估算出的抵达地面太阳UV-B量与臭氧总量变化之间呈负相关关系,且相应于太阳活动由活跃期转入相对平静期(1982—1987年),UV-B大体上是持续增加的,尤以1987年为最强.众所周知,臭氧层变薄导致了地面获得过量的生物有效紫外线UV-B,这将带来一系

列生物学效应. 其中之一, 就是植物将不再正常生长, 植物的发芽和开花速度被抑制, 农作物产量将降低. ③再结合图 1 进行比较分析可知, R 与昆明的年平均温度关系不太密切, 但与年降水量似乎有一定的关系. 可以看到, 太阳活动出现极值期间(如 1980—1981, 1985—1986, 以及 1990—1991 年), 昆明相应的年雨量总是增强或达极大值, 即出现多雨或偏涝.

5 对农业产量影响的分析

云南是典型的季风气候区, 季风活动的异常往往会造成一些地区严重的旱涝, 使粮食及经济作物出现减产, 而太阳活动、 O_3 层变动及温室效应都可能促进这种异常. 近年来, 工业发展、人口增长、水土流失和水利失修, 又使其有频繁出现和加重的趋势.

为了更确切地了解气候、臭氧总量和 UV-B 变化对云南粮食生产的影响, 我们根据云南省统计局公布的资料^[6], 绘出了 1952—1990 年云南 4 种主要粮食作物亩产量的逐年变化曲线(其中大豆仅有 1975—1990 年的资料), 如图 5 所示.

结合图 1—2 分析易见, 云南省粮食作物(包括稻谷、小麦、玉米、大豆、薯类)及油菜、烤烟等作物的单产与地面气温之间关系比较复杂, 并无一致而确切的相关, 但与降水有较好的对应关系. 因此, 在图 5 中还列出了昆明地区出现旱涝的时间分布情况.

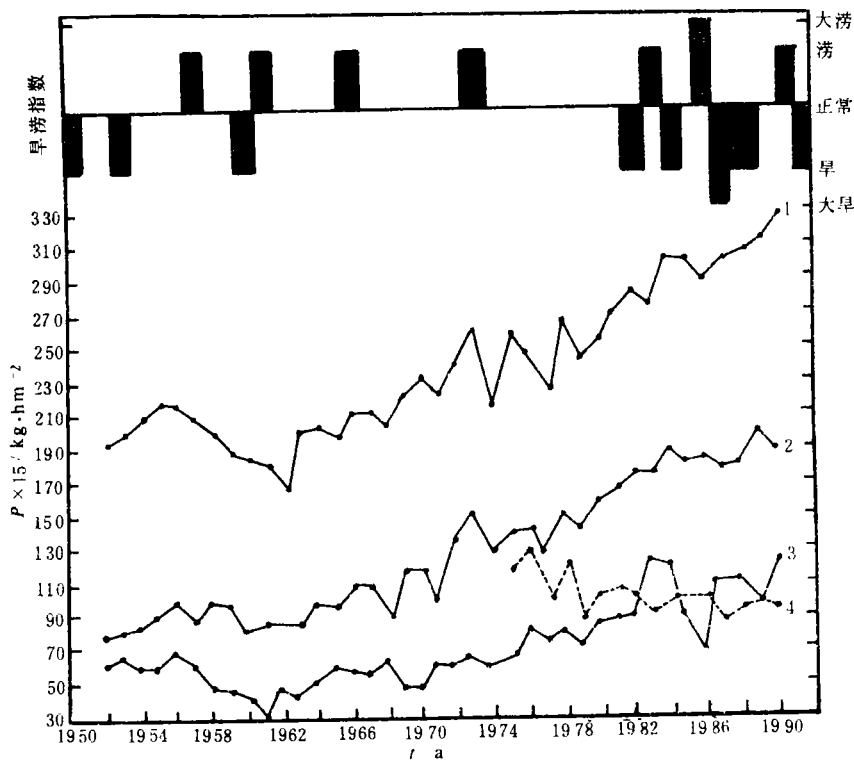


图 5 1950—1980 年代云南粮食单产及旱涝指数之间的对比

(1: 稻谷, 2: 玉米, 3: 小麦, 4: 大豆)

分析图 5, 可以获得以下两点初步结论: ①就上述 4 种主要粮食作物来看, 1986 年的洪涝灾害使稻谷和小麦大幅度减产, 而 1987 年的干旱却使大豆和玉米减产. 这说明, 不同种类的作物对气候异常的响应是不一样的. 严格地讲, 上述变化还应该是云南不同产粮区和不同季节对气候的综合反映. ②纵观本文所考虑的时段, 云南省的旱涝灾害有逐步加重的趋势, 特别是从 80 年代以来更是如此, 这与国内一些地区的情况极为一致, 应该引起人们的重视.

表 3 云南省 12 种农作物产量与 O_3 和 UV-B 量的相关系数

类别	臭氧总量(Du)	UV-B 量 ($10^{-1}mW \cdot cm^{-2}$)	类别	臭氧总量(Du)	UV-B 量 ($10^{-1}mW \cdot cm^{-2}$)
稻谷	-0.244	0.266	大豆	0.618	-0.616
小麦	-0.235	0.182	玉米	0.184	-0.179
油菜	-0.208	0.196	花生	0.375	-0.329
甘蔗	-0.185	0.221	烤烟	0.254	-0.440
茶叶	-0.018	0.052	薯类	0.293	-0.266
橡胶	-0.273	0.506	水果	0.214	-0.196

最后, 我们还计算了云南省 12 种主要粮食作物和经济作物亩产量与昆明地区大气臭氧总量及地面所获太阳 UV-B 辐照度等量之间的相关系数, 结果如表 3 所示.

由表 3 可见, 在所统计的 12 种农作物中, 就云南省农业产量与大气臭氧层变动及 UV-B 辐照度关系而言, 稻谷、小麦、油菜、甘蔗、茶叶和橡胶的产量似乎与之关系不明, 与臭氧总量为负相关而与 UV-B 辐照度为正相关. 这就是说, 大气臭氧层变薄而地面生物有效紫外线增强并不会引起它们减产, 即它们对 O_3 变化的响应并非预想的那样敏感.

而另一类作物如大豆、玉米、花生、烤烟、薯类及水果, 与 O_3 变化为正相关而与 UV-B 量为负相关, 表明平流层 O_3 减少使过量有害紫外线到达地面后, 很可能导致这类作物的减产.

6 结论与对策

综合以上分析研究, 可以得出如下结论:

(1) 80 年代以来, 我国云南上空的大气臭氧含量是持续下降的. 平流层臭氧的减少必然会到达地面的太阳 UV-B 辐射, 进而可能影响到农作物的产量. 据我们对云南省 12 种作物的初步研究, 有 6 种对 UV-B 比较敏感, 其中又以大豆尤为突出. 大豆为可食性植物, 生产占全世界第 5 位, 足见在这方面进一步开展研究有重要的现实意义.

(2) 80 年代以来云南气候变化的主要趋势和特点是变暖和变旱, 尤其是在滇南地区, 这种趋势十分明显, 且有继续扩大的势头.

(3) 生态环境与气候在粮食生产中起着重要作用. 结合云南省的实际, 我们认为可采取以下措施: ①增强环境意识, 发展水电等无污染能源, 减少各种温室气体的排放, 制止滥砍滥伐森林; ②兴修水利与开发耐旱作物品种和发展水电相结合; ③加强对臭氧层变化气候与生态效应问题的研究, 加强对气候、环境和灾害问题的调查, 加强对农业生产布局 and 结构调整的研究.

(4) 昆明大气臭氧观测站是 80 年代初才建成的,观测资料历史较短.因此,为保持各种分析资料的时段一致性,本文主要只对 80 年代的情况进行分析,这是本文的一个不足之处.

致谢:中国气象科学研究院张家诚教授对本项工作曾给予了热情鼓励和指导,在此特表示衷心感谢.

参 考 文 献

- 1 陈隆勋,邵永宁,任阵海,田广生. 建国后我国气候变化的初步分析. 应用气象学报,1991,2(2):164—173.
- 2 王绍武. 当前气候变化及其演变趋势. 旱涝气候研究进展. 北京:气象出版社,1990.
- 3 黄嘉佑. 北京地区旱涝与太阳活动的相关分析. 天地生综合研究进展. 北京:中国科学技术出版社,1989. 342—348.
- 4 郭世昌,秦剑. 对中国云南地面所获 B 波段太阳紫外辐射量的初步理论估算. 低纬高原天气,1992,5:9—15.
- 5 Guo Shichang(郭世昌),Wei Dingwen(魏鼎文). Characteristics of the temporal-spatial variation in atmospheric ozonosphere over the Northern Hemisphere during the period of 1963—1985. *Adv. Atmo. Sci.*, 1989, 361—368.
- 6 云南省统计局,云南统计年鉴(1991). 中国统计出版社,1991.

A STUDY ON UV-B、O₃ VARIATION AND CLIMATE EVOLUTION AND THEIR INFLUENCE ON THE AGRICULTURAL YIELDS IN YUNNAN PROVINCE

Guo Shichang Wang Weiguo Qin Fang Yang Zhongcheng
(Department of Earth Science, Yunnan University, Kunmin 650091)

Abstract

Based on the analysis of observational and statistical data series of 1980s, the characteristics of the ozone layer variation and climate evolution in Yunnan Province have been studied in the paper. The results show that in 1980s the climate in Yunnan has become warmer and drier which has made a notable impact on grain production, it also indicates that there is a certain relationship between the flooding/drought damage and the agricultural production. Especially, the soybean production has an obvious correlation with the total ozone amount and the solar UV-B(280—320 μ m) irradiance.

Key words: Climate warming; Total ozone; UV radiation; Agricultural yields.