

青海半干旱农区对气候变暖后 适应状况的探讨^{*}

李英年¹ 张景华² 王杰³ 周华坤¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001, 2. 青海省气象台, 3. 青海省湟源畜牧兽医学校)

〔摘要〕 本文从掌握的青海半干旱农业区—“河湟”谷地部分气象资料出发, 建立地区蒸发量与年平均气温间的回归方程, 探讨全球变化后这些地区干燥指数状况可能发生的改变。现今 40 年来, 该区域干暖与湿冷相配合; 气温趋暖化并非明显, 但干燥指数有所上升, 区域向湿润发展。当设定未来平均气温升高 2℃, 降水量增加 10% 时, 青海半干旱农业区, 在未来气候情景下蒸发量的增加比降水的增加来得快, 将导致干旱胁迫加重。但降水量增加 20% 时, 干燥指数有所上升, 干旱现象可得到缓解。

关键词 青海半干旱农区, 气候变暖, “河湟”谷地, 干燥度指数, 干旱胁迫。

随着人类活动加剧, 以及自然界各类现象(如太阳活动、火山活动)的频繁发生, 大气中 CO₂、CH₄、N₂O、CFC_s 等温室气体浓度增加明显, 火山爆发后尘埃物蔓延及气溶胶的增多, 使全球气温有逐年增高的趋势^[1-5]。气候变暖后对青海各地农牧业生产格局, 及植被分布类型将有新的变更^[6-10]。在青海, 干旱、半干旱的极大部分地区是青海重要的农业生产区, 而较为湿润的地区一般多分布为高寒草原、高寒草甸(灌丛)的牧业生产区。随着全球气候变暖, 上述农业生产区将变更为干旱? 还是保持于现状(或变得得湿润)? 这也是人们所关心的重要研究课题。不少学者认为, 气候变暖后降水也相应增加^[11]; 也有人认为未来气候条件下青藏高原将变得更为干燥, 干旱胁迫加重^[12]。本文从掌握的青海半干旱农业地区部分气象资料出发, 探讨全球变化后这些地区干湿程度状况出现改变的可能。

1 研究区域及方法

1.1 资料概述

研究地区为青海“河湟”谷地的东部农业区、共和盆地, 以及部分农牧交错地带的宜农经济作物种植区域。其地理位置、气象资料等见表 1。气象资料为青海省气象局地面气象观测资料的 30 年统计平均值^{**} 和部分气象站随年代变化的资料。

1.2 研究方法

分析过程中首先利用青海半干旱农区各地气象台站的降水、蒸发资料, 分析和确定了现实

收稿日期: 1998-08-15

- 青海省气象科学研究所, 青海省气象局农牧业气候区划办公室。青海省农牧业气候资源分析区划, 1985。

状况下二者比值—干燥指数的大小。尔后先利用上述地区的有关气温资料,建立各地蒸发量与年平均气温间回归关系。再参考有关文献关于气候变暖幅度的研究结果,设定未来气候变暖后气温、降水升高或增加的可能情景,利用回归方程确定未来气候变化后蒸发的可能增加量,与未来降水增加量进行比较,分析和解释青海农业区对未来气候变暖条件下湿润状况所响应的可能结果。

表 1 青海农业分布区域 30 年气象资料统计及干燥度指数变化情况

地 区	地 理 位 置			现 实 状 况						AT + 2℃		AT + 2℃		
	LAT	LNG	ALP	T ₁	T ₇	AT	EP	PR	K	EP	PR	K	PR	K
西 宁	36.6	101.8	2.26	-7.7	17.2	5.9	1729	368	0.2128	1804	405	0.2318	442	0.2530
湟 源	36.7	101.2	2.63	-10.4	13.8	3.0	1394	405	0.2905	1599	446	0.2789	486	0.3039
大 通	37.0	101.7	2.45	-11.0	13.9	2.8	1261	514	0.4076	1585	565	0.3566	617	0.3893
互 助	36.8	102.0	2.48	-10.3	14.6	3.5	1288	545	0.4231	1634	600	0.3672	654	0.4002
湟 中	36.5	101.6	2.67	-10.0	14.3	3.1	1344	528	0.3929	1606	581	0.3618	634	0.3948
乐 都	36.5	102.4	1.98	-6.8	18.5	7.0	1718	334	0.1944	1881	367	0.1951	401	0.2132
民 和	36.3	102.9	1.81	-6.4	19.8	7.8	1613	362	0.2244	1938	398	0.2064	434	0.2293
化 隆	36.1	102.4	2.83	-10.5	10.3	2.2	1254	472	0.3763	1557	519	0.3333	566	0.3635
循 化	35.8	102.4	1.87	-5.1	19.7	8.5	2170	264	0.1217	1987	290	0.1459	317	0.1595
共 和	36.4	100.6	2.84	-10.4	15.2	3.5	1720	307	0.1785	1634	338	0.2069	368	0.2252
江 西 沟	36.6	100.3	3.24	-12.3	11.4	0.7	1361	382	0.2807	1436	420	0.2925	458	0.3189
河 卡	35.9	100.0	3.25	-11.7	12.2	1.1	1492	346	0.2319	1465	381	0.2601	415	0.2833
兴 海	35.6	100.0	3.32	-11.8	12.2	1.1	1502	339	0.2257	1465	373	0.2546	407	0.2778
贵 南	35.6	100.8	3.20	-11.2	13.4	2.1	1456	400	0.2747	1535	440	0.2866	480	0.3127
同 仁	35.5	102.0	2.49	-7.7	15.9	5.3	1415	426	0.3011	1761	469	0.2663	511	0.2902
尖 扎	35.9	102.0	2.08	-6.0	19.1	7.8	1834	353	0.1925	1938	388	0.2002	424	0.2188

LAT: 纬度(°);

LNG: 经度(°);

ALP: 海拔高度(km);

T₁: 1月平均气温(°C);

T₇: 7月平均气温(°C);

AT: 年平均气温(°C);

EP: 年蒸发量(mm);

PR: 年降水量(mm);

K: 干燥度指数。

2 结果与讨论

2.1 区域近 40 年来气温、降水及干燥指数变化情况

干旱现象是气候现象的表述。地球陆地表面的水分主要来源是降水,一地降水量的多少可以作为干旱现象的指标功能,但由于异地受气候条件不同分布的影响,地表蒸发(包括植被的蒸腾)差异明显,相同降水量的条件下,不同地区其干旱、湿润状况有一定差异。因此,仅用降水量的标准来衡量一地的干湿状况具有很大的局限性。考虑到一地降水和蒸发决定了区域干旱与湿润状况,采用降水量和蒸发量间的比值或差值作为气候指标,将更具有说服力。人们常定义这个气候指标为干燥度指数,本文采用降水量和蒸发量间的比值作为干燥度指数。

文中所采用的蒸发量取自气象台站 20cm 口径专用蒸发皿测定的水面蒸发量值(mm)。虽然为 20cm 口径专用蒸发皿测定值,与实际地表蒸发量情况略有差异,但作为问题讨论,仍有实际意义。

人们普遍认为,过去几十年来,特别是进入 80 年代中期以来,中国乃至全球气候有趋暖化发展趋势。但从青海半干旱农业分布区来看,过去的 40 年来,气温上升并不明显。图 1 绘出

了民和、循化二地 1959-1997 年年平均气温、降水量的逐年变化情况。这二地分别分布在湟水流域和黄河谷地,基本能代表不同地区气候变化的特征;图 2 绘出了二地平均水面蒸发量及平均干燥度指数的逐年变化情况。同时,表 2 列出了该二地气温在随年代变化过程中的分布情况。从图 1 表 2 可以看出,进入 90 年代后,二地区年代平均气温均比 70 年代和 80 年代有所上升,但与 60 年代(1957-1960 年)平均相持平,从 60 年代到 80 年代有逐年下降的趋势。

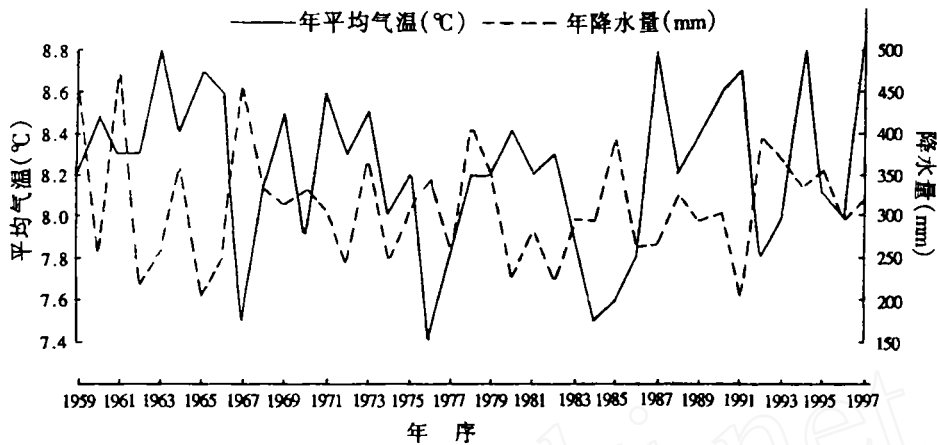


图 1 近 40 年青海半干旱农区气温、降水的年际变化

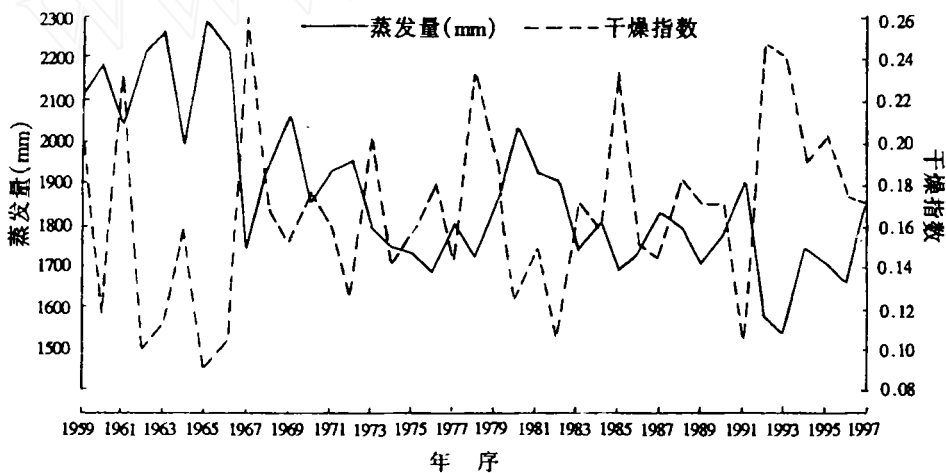


图 2 近 40 年青海半干旱农区水面蒸发量与干燥度指数的年际变化

表 2 青海半干旱农区气温随年代进程的分布

年代	1959-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1997
民和	7.9	7.8	7.8	7.9
循化	8.7	8.5	8.4	8.7
平均	8.3	8.2	8.1	8.3

从以上图表看到,青海半干旱农区降水量在随年代进程中有逐年升高趋势的可能,所对应

的干燥指数(K) ($K = PR/EP$, 其中:PR 为平均降水量;EP 为平均蒸发量)表现出逐年下降的可能。近 40 年来,蒸发量以 112mm/10 年的倾向率在降低。所对应的干燥指数以 0.01/10 年的倾向率升高(表 3)。

以上分析表明,青海半干旱农区在随年代进程中气温变化不甚明显,90 年代略有升高的趋势下,区域变得较过去湿润,干旱胁迫现象暂得到缓解。

表 3 青海半干旱农区二地区平均降水量、蒸发量、干燥指数的年代变化

年 代	1959 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 1997
降水量(mm)	323.2	302.8	294.0	324.1
蒸发量(mm)	2079.1	1830.5	1793.4	1717.3
干燥指数	0.1245	0.1301	0.1452	0.1538

虽然,过去的 40 年来气温升高不甚明显,降水略有升高,导致区域湿润现象加大,但分析发现,40 年的变化过程中,降水量与年平均气温具有显著的反相关关系($n = 39, r = -0.3504,$

$P < 0.05$)。其回归方程有:

$$T = 8.8428 - 0.0020PR \quad (1)$$

式中:T 为年平均气温;PR 为年降水量。表现出青海半干旱农区高温与少降水,低温与多降水的对应关系,有冷湿和暖干的可能变化现象。

表 1 列出了青海半干旱农业分布区域 16 个地区的降水量、蒸发量、地理位置等有关参数。由表 3 看到,现今状况下青海半干旱农业分布区域的 16 个地区平均蒸发量为 1534.4mm,平均降水量为 396.6mm,区域所对应的干燥度指数平均为 0.2706。

2.2 未来状况气候情景的假设

温室效应使过去 100 年间全球地面平均温度升高了 0.3 - 0.6℃,预计到 2025 年比现今高 1℃;到下世纪末将升高 3℃^[13,14]。不同学科的研究者由于采用的模拟方法和手段不同,以及资料时间尺度的差异,其模拟结果有很大的不确定性,形成对 CO₂ 倍增后温度上升幅度众说不一。对未来气候变化,张新时等给予了几种不同的研究结果^[15],对此并没有得出确定性的结论;王绍武^[3]利用海-气耦合模式,模拟了全球未来地面温度状况所增加的幅度;世界全球变化委员会(IPCC)1992 年报告认为,全球地面温度在未来 CO₂ 倍增后将增加 3℃(1.5 - 4.5℃)^[1];赵名茶^[7]以 IPCC 报告为依据分析了我国未来气温的可能增加的幅度。这些结果普遍认为未来状况下气温将有增高的趋势。但研究者采用方法的不一致性,对于未来温度增加的可能幅度有着很大的差异。而对降水问题很少有定性的结论。

一般认为,全球性增温可以引起地球表面的蒸发量增大,特别是海洋面蒸发量增大,结果会引起降水的增加。这也从饱和空气随温度变化的关系作出解释,当温度升高 10℃时,标准气压下饱和湿空气的绝对湿度可以增加一倍。但由于区域地理条件的差异,远离海洋程度的大小,以及大气环流形势的不同,降水变化的情况较为复杂。一部分地区降水增加的幅度会更大,而另一部分地区降水将明显减少。随着工业发展和自然现象(如火山灰尘)的频繁发生,大气中烟尘等气溶胶的增多将增大反射和对阳光的吸收,阻挡阳光到达地面,烟尘分布层温度将会明显升高,导致大气层比现实状况更为稳定,不利于上升气流发展,大气辐合下沉加强,可造成降水的减少。同时,人类活动的加重干扰,盲目农垦将造成生态系统的恶性循环,裸露地表面积扩大,地表反射率加大,地表蒸发量将增加,有助于干旱发展。

以上结果在理论上谈论很多,而实际发展状况是复杂多样的。研究问题的需要,本文根据以上文献的研究结果,设定未来气候状况下,青海半干旱农区有以下几种可能趋势:(1)、气温升高 2℃,降水增加 10%;(2)、气温升高 2℃,降水增加 20%。以这两种可能趋势来讨论未来情景下青海农区干燥度指数发展状况。

2.3 气候变暖后青海半干旱农业区域干燥指数状况的改变

一个地区的蒸发量与气候条件,以及地理位置等有很大的关系。而气温的变化与纬度、海拔高度的关系最为直接。随纬度、海拔的增高,气温变得越来越低。表现出气温能很好的反映一地气候变化的基本状况。考虑到同一地点月、年之间平均气温具有很大的相关性这一特点,同时,为了便于估算各地蒸发量,本文仅考虑年平均气温与蒸发量的回归关系,建立估算蒸发量的模拟方程。

通过对“河湟”谷地的青海东部半干旱农业区年平均气温与蒸发量间的模拟关系方程有:

$$EP = 1245.8000 + 70.6147AT \quad (2)$$

其中,EP 为蒸发量模拟估算值;AT 为年平均气温(℃)。经显著性检验,方程达极显著经验的水平($n = 16, r = 0.7384, P < 0.005$)。说明以年平均气温来估算区域蒸发量是可靠的。依模拟方程,对气温升高 2℃,降水增加 10%;及气温升高 2℃,降水增加 20%的二种可能结果,估算青海半干旱农区各地蒸发分布情况见表 1,同时表 4 还列出 16 个地区,现实状况与未来气候变暖后的气温、降水、蒸发量和干燥指数的平均统计量。可以发现,温度上升后青海半干旱农区的蒸发量普遍增加,16 个地区平均为 1767.6mm,比现实状况增加了 142.2mm。所对应的干燥指数在降水增加 10%时,有所下降,16 个地区平均为 0.2653,比现实状况(0.2706)下降 0.0053,表明在未来气候变暖 2℃,降水增加 10%的情况下,蒸发量的增加比降水量增加来得快,地表蒸发加大,致使干旱胁迫可能加重。这点与前面讨论的暖干、冷湿配合的结论相一致。而温度增加 2℃,降水增加 20%时,降水量的可能增加量可弥补地表蒸发量的增加量,有利于青海半干旱农区向湿润发展。

表 4 青海半干旱农区现实及未来状况下蒸发量、降水量和干燥指数变化的比较

要素	现 实 状 况				未 来 状 况							
	AT	PR	EP	K	AT	PR	EP	K	AT	PR	EP	K
变化量	4.1	396.6	1534.4	0.2706	6.1	436.3	1676.6	0.2653	6.1	475.9	1676.6	0.2893
增加量	-	-	-	-	2.0	39.7	142.2	-0.0053	2.0	79.2	142.2	0.0187

注:表 4 的各符号意义同表 1。

3 小结

通过以上分析发现,青海半干旱农区,现实状况下的 40 年来,气候的趋暖化并不明显,进入 90 年代的 7 年(1991 - 1997 年)年平均气温与 60 年代(1959 - 1970 年)相持平。降水量波动性较大,但干燥指数有所上升。表明上述地区近 40 年来,区域向湿润阶段发展。而且从降水与气温分布趋势来看,区域以湿冷与干暖相配合。

在设定未来气候气温升高 2℃,降水增加 10%的状况下,该区域蒸发量增加的幅度比降水增加的幅度来得快,干燥指数有所下降,干旱胁迫加重,这与分析现今湿冷与暖干相配合的结果相一致。但在气温升高 2℃,降水增加 20%的状况下,区域降水量增加比蒸发量的加大来得快,湿润状况有可能得以发展。

作为问题讨论,在设定未来气候变化状况的二种可能结果下的湿润状况略有相反的结论。对青海半干旱农区未来湿润情况发展趋势难有定论,二者似乎相矛盾,但从过去40年气温、降水变化情况的分析表明,未来气候干暖化发展的可能性很大。这就要求我们正确认识气候变化的可能,人类活动与气候变化协同发展,大力开展植树种草,保护生态平衡。如论未来气候变暖或变干,在遵循自然规律的前提下,尽力减少人为活动的影响,充分发挥改造自然的能力。

参 考 文 献

- [1] Houghton J T, Jerkins G J and Ephraums J J. Climate change. The IPCC scientific assessment. Cambridge University Press. 1990. 365.
- [2] Hulme M, Lemons R, Zhao Zongci. et al. Climate change due to the greenhouse effect and its implications for China. UEA norwich climate Research Unit. WWF. Sma china. Benson production. 1992.54.
- [3] 王绍武,赵宗慈.未来50年中国气候变化趋势的初步研究.应用气象学报,1995,6(3):333-342.
- [4] 叶笃正.中国的全球变化预研究.北京:气象出版社,1992.
- [5] 赵宗慈.五个全球大气海洋环流模式模拟二氧化碳增加对气候变化的影响.大气科学,1992,14(1).
- [6] 高素华,潘亚茹.温室效应对气候和农业的影响.环境科学,1991,12(2).
- [7] 赵名茶.全球CO₂倍增对我国自然地域分异及农业生产的影响的预测.自然资源学报,1995,10(2):148-157.
- [8] 王石立,王馥棠.气候变暖对黄海地区小麦产量可能影响的模拟实验.气象学报,1993,51(2):209-216.
- [9] 崔读昌.气候变暖对我国农业生产的影响与对策.中国农业气象,1992,13(2):16-20.
- [10] 赵宗慈,王馥棠.温室效应引起的气候变化及对中国的影响.瑞士:世界自然基金会出版,1992.
- [11] 张家诚.气候干旱化问题,干旱气象文集.北京:气象出版社,1987,4-22.
- [12] 高由禧,杨秀华.干旱区气候变化趋势初步分析,干旱气象文集.北京:气象出版社,1987,23-33.
- [13] 王绍武.近百年气候变化与变率的诊断研究.气象学报,1994,54(3):261-273.
- [14] 李晓东,王绍武,赵宗慈,丁一汇.东亚地区未来气候变化的CGCM模拟研究.应用气象学报,1995,6(增刊):1-8.
- [15] 张新时,杨莫安,倪文革.植被的PEP(可能蒸散)指标与植被-气候分类(三),几种主要方法与PEP程序介绍.植物生态学与植物学学报,1993,13:97-109.

The Study on the Adaptability to Climate Warming in Qinghai Semi - arid Agricultural Area

Li Yingnian¹ Zhang Jinghua² Wang Jie³ Zhou Huakun¹

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008

2. Qinghai Meteorological Station; 3. Huang Yuan Husbandry Veterinary School)

Abstract According to some meteorological data in Huang Shui River and Huang River Basin - Qinghai semi - arid agricultural area, the regression equation between regional evaporation amount and yearly average air temperature was set up and perhaps change of the area's dry and moist situation after global change was studied. Now, dry warm weather and most cold weather appear accordingly in the area. Climate warming is not obvious during the two years, but arid index is rising and the area is becoming moist. If the air temperature increased by 2℃, and the precipitation increase by 10%, evaporation increase would be more than precipitation increase and the arid index would go down which would cause more arid pressure in Qinghai semi - arid agricultural area. If the air temperature increased by 2℃ and the precipitation increased by 20%, the arid index would increase and the area would get more moist.

Key words Qinghai semi - arid agricultural area, Climate warmin, Huang Shui River and Huang River Basin, Arid index, Arid pressure.