

贵德县近 50 年气候变化及对冬小麦生产潜力的影响

赵金忠¹, 赵年武², 赵恒和², 郭连云², 段永红¹

(1. 青海省贵德县气象局, 青海 贵德 811750; 2. 青海省海南州气象局, 青海 共和 813000)

摘要:利用青海省贵德气象站 1961—2010 年逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日日照时数资料,分析近 50 a 气温、降水以及日照时数的变化。利用 Thornthwaite Memorial 模型,以实际的蒸散量计算得到冬小麦的气候生产潜力。结果表明:(1)近 50 a 来贵德气温呈明显的上升趋势,年降水量呈不明显的减少趋势,年日照时数呈明显减少趋势;(2)目前贵德冬小麦生产潜力开发程度偏低,现实生产力产量只有理论生产潜力的 42.7%,气候生产潜力适宜开发程度为 57.3%,气候生产潜力可开发速度为 14.6%。冬小麦生产潜力的适宜开发程度和可开发程度较高,但当前气候生产潜力开发程度偏低,增产潜力较大。

关键词:气候变化;冬小麦;气候生产潜力;贵德县

中图分类号:S162.5⁺3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0260-05

Climatic Changes in the Past 50 Years in Guide County, Qinghai Province, and Their Influences on Potential Productivity of Winter Wheat

ZHAO Jin-zhong¹, ZHAO Nian-wu², ZHAO Heng-he², GUO Lian-yun², DUAN Yong-hong¹

(1. Guide Meteorological Bureau of Qinghai Province, Guide, Qinghai 811750, China;

2. Meteorological Bureau in Hainan State of Qinghai Province, Gonghe, Qinghai 813000, China)

Abstract:Change of the atmospheric temperatures, precipitation and light hours in the past 50 years in Guide County was analyzed based on the foundation data of Guide station from 1961 to 2010, including average daily temperature, monthly precipitation, and daily light hours. The potential productivity of winter wheat by using the model of Thornthwaite Memorial and actual evapotranspiration data was calculated. The results were as followed: in the past 50 years, atmospheric temperatures kept increase significantly, annual precipitation kept decrease insignificantly, and light hours kept decrease significantly. Actual productivity of winter wheat in recent years was only 42.7% of its potential that was theoretical productivity. The rest 57.2% needed to be developed in the future. Undoubtedly, it was feasible for local people to promote actual productivity by appropriate measures.

Key words:climatic change; winter wheat; climatic potential productivity; Guide County

粮食是我国长期紧缺的战略物资,粮食产量的持续增长是社会稳定的基础。随着我国人口的不断增长,粮食供需矛盾更加突出^[1]。青海省海南州贵德县是一个农业县,地形为高原盆地,黄河自西向东横穿全境。地势沿黄河两岸向南北方向逐渐抬升。贵德县年平均气温为 7.3℃,年降水量为 252.5 mm,年极端最高气温为 38.7℃,年极端最低气温为 -21.8℃。主要的气象灾害为春季干旱、夏季洪水、泥石流。年降水量不仅较少,而且降水主要集中在汛期(6—8 月)。春季降水量较少,发生春旱的频率高,因此贵德地区春播农作物受灾频率较高且受灾程度较重。而

冬小麦由于在秋季播种,入冬前冬小麦根系已很发达,加之进行冬灌,冬季蒸发量较小,大量水分保存在土壤深层,至春季由于土壤解冻,深层水分向上输送,从而使冬小麦抗旱性较强。夏季 7—8 月气温偏高,易发生麦类作物因高温提前成熟而减产的情况,而冬小麦因成熟期较早(7 月上旬),避过了高温期,对产量没有影响。因此,贵德地区适宜推广冬小麦播种,且冬小麦面粉质量优于春小麦,市场需求量大。

冬小麦适宜生长在大于 0℃年积温 1 900℃以上,冬季最低气温≥-22.0℃,且能按时灌溉的地区。目前,贵德县冬小麦种植面积 2 133.3 hm²,在气候变

暖(尤其是冬季气温变暖更为显著)的情况下,由于光、热、水气候资源是作物生长发育必须的物质和能量来源^[2-4],冬小麦种植还有很大的发展空间。因此为了说明气候条件对农作物生产力的影响,开展本地区冬小麦生长及影响其产量的气候条件研究,对研究区的生产潜力开发程度、生产潜力适宜开发程度和生产潜力可开发程度进行计算,旨在揭示贵德地区影响冬小麦的主要气候因子,为进一步推广冬小麦种植,增加贵德地区粮食生产和实现区域经济可持续发展提供科学依据。

1 资料与分析方法

1.1 资料

本文采用贵德气象站1961—2010年逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日日照时数资料,分析近50 a气温、降水以及日照时数的变化。利用气温、降水、日照等气象要素,分别建立年及四季的时间序列。按12月至翌年2月为冬季,3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季划分四季。30 a平均值按世界气象组织(WMO)规定的1981—2010年平均值。

1.2 计算方法

根据现代气候统计诊断方法^[5-6],采用最小二乘法对温度、降水、日照时数的趋势变化作线性估计,并对相关系数进行显著性检验。利用正交多项式^[7]进行冬小麦产量趋势拟合,计算气象产量和相对气象产量;进行冬小麦相对气象产量与不同生育阶段气象因子的相关性分析;确定影响冬小麦产量的关键气候因子和关键期。利用Tharntwaite Memorial模型^[8-10],以实际的蒸散量计算得到冬小麦的气候生产潜力。

2 气候要素特征分析

2.1 温度、降水和日照的变化趋势

贵德年平均气温为7.6℃,进入20世纪60年代以来呈持续上升趋势,进入90年代后(1991—2010年)增幅最为明显,并达到年代平均气温最高值。近50 a来贵德气温呈明显的上升趋势,倾向率达0.23℃/10 a。分析表明,气温变化存在明显的季节性差异。即夏、冬季变暖明显,春秋季节变暖不明显。

贵德年降水量为253.3 mm,从年代际变化来看,60,80,90年代的年降水量低于多年平均值,其中80年代最小,为230.2 mm;70年代和2001—2010年降水量略高于多年平均降水量,其中70年代降水量最多,为264.8 mm。近50 a贵德年降水量的气候倾向率较小,为-7.6 mm/10 a,这一结果与我国

1951—1989年(39 a)降水倾向率-12.69 mm/10 a一致^[11]。

贵德县年日照时数呈减少趋势,变化趋势为-19.8 h/10 a,相关系数为0.317,通过了置信度 $\alpha=0.05$ 水平检验,减少趋势明显。从年代变化来看,20世纪60,80,90年代以正距平居多,日照时数偏多,这与全国其他地区变化趋势相同^[12-14],70年代和21世纪10年代日照时数呈现明显减少的趋势。

2.2 贵德县冬小麦生长发育与气象条件的关系分析

根据冬小麦产量影响因子的变化特点,将冬小麦产量分解为趋势产量和波动产量,前者的变化主要是由社会经济因子造成的,后者则主要取决于气候因子。产量分离的方法很多,本文用正交多项式^[7]方法拟合趋势产量,采用五次多项式进行趋势产量的拟合。

$$Y_t = 330.8 - 17.4t + 62.4t^2 - 25.6t^3 + 3.7t^4 - 0.17t^5 \quad (1)$$

$R^2 = 0.662$, $F = 4.52$, $\alpha = 0.08$, t 为时间序列,2001年: $t=1$;2002年, $t=2$;…;2010年, $t=10$ 。并由此计算逐年波动产量。

$$y = y_t + \hat{y}_i + e \quad (2)$$

式中: y ——冬小麦产量; y_t ——趋势产量; \hat{y}_i ——气象产量; e ——随机产量,实际计算的时候一般不考虑。

贵德地区冬小麦从播种到种子成熟,可分为播种、出苗、三叶、分蘖、越冬、返青、起身、拔节、孕穗、抽穗、开花、乳熟、成熟13个时段。根据2001—2010年连续10 a的观测,贵德地区冬小麦各生育期的多年平均日期为播种期:9月27日,出苗期:10月10日,三叶期:10月21日,分蘖期:11月2日,越冬期:11月19日,返青期:3月15日,起身期:4月2日,拔节期:4月29日,孕穗期:5月11日,抽穗期:5月20日,开花期:5月30日,乳熟期:6月22日,成熟期:7月14日。播种期最早年为2008年9月23日,成熟期最晚年为2003年7月18日。

在播种—出苗期间,冬小麦产量与9月下旬的降水量呈显著负相关;出苗—分蘖期,温度与产量呈显著负相关;在越冬—返青期,12月中旬、2月下旬的平均温度,1月中旬和2月上旬的降水量,1月上旬、下旬和2月中旬的日照时数均与冬小麦气象产量呈显著正相关。起身—拔节期,4月下旬的降水量与气象产量呈显著正相关;拔节—孕穗期,5月上旬的日照时数与气象产量呈显著负相关;抽穗—开花期,5月下旬的日照时数与气象产量呈极显著负相关;开花—乳熟期,6月上旬和中旬的降水量分别与产量呈显著负相关和正相关(表1)。

表 1 贵德地区冬小麦产量与各旬气象要素的相关系数

时间	温度	降水	日照	时间	温度	降水	日照
1 月上旬	-0.395	0.130	0.580**	7 月上旬	0.416	-0.145	0.444
1 月中旬	-0.254	0.540*	0.336	7 月中旬	-0.236	0.384	0.060
1 月下旬	0.136	-0.425	0.735***	7 月下旬	-0.410	-0.399	-0.125
2 月上旬	-0.069	0.611**	0.432	8 月上旬	0.250	-0.106	0.099
2 月中旬	0.395	0.091	0.713***	8 月中旬	0.222	-0.231	0.179
2 月下旬	0.545*	-0.275	0.003	8 月下旬	0.001	0.187	-0.272
3 月上旬	0.341	-0.309	-0.209	9 月上旬	0.089	-0.026	-0.694**
3 月中旬	0.000	-0.030	0.107	9 月中旬	-0.340	-0.243	0.116
3 月下旬	0.479	-0.439	-0.345	9 月下旬	-0.273	-0.553*	0.405
4 月上旬	-0.046	-0.366	0.370	10 月上旬	-0.161	0.161	-0.216
4 月中旬	0.237	0.124	0.195	10 月中旬	-0.516*	0.088	-0.246
4 月下旬	0.099	0.603**	-0.186	10 月下旬	0.246	0.049	-0.057
5 月上旬	-0.461	0.472	-0.495*	11 月上旬	-0.609**	-0.492	0.064
5 月中旬	-0.179	-0.105	0.320	11 月中旬	-0.340	-0.150	0.382
5 月下旬	-0.281	0.161	-0.798***	11 月下旬	-0.163	0.130	0.398
6 月上旬	-0.017	-0.530*	0.185	12 月上旬	-0.400	0.016	-0.049
6 月中旬	-0.164	0.509*	-0.090	12 月中旬	0.665**	-0.065	-0.136
6 月下旬	-0.209	0.357	-0.284	12 月下旬	0.381	0.453	-0.370

注：*，**，*** 分别表示通过 0.10,0.05,0.001 信度检验。

3 冬小麦生产潜力开发程度分析

3.1 冬小麦生产潜力开发程度

生产潜力开发程度(PED)是指在气候、土壤、作物条件及投入水平和技术进步下可能实现的最大生产力,用现实生产力(G)与理论生产力(Y_Q)的比值表示,即

$$PED=G/Y_Q\times 100\%$$
 (3)

式中： G ——2001—2010 年的冬小麦平均单产； Y_Q ——2001—2010 年的平均单产。通过对 2001—2010 年贵德地区冬小麦产量资料进行测算研究发现，贵德冬小麦生产仍有较大的潜力。据计算，贵德地区冬小麦理论生产力为 13 754.5 kg/hm²，现实生产力为 5 877.0 kg/hm²，现实生产力为 7 877.5 kg/hm²，以理论生产力为目标，目前贵德冬小麦生产潜力开发程度偏低，现实生产力产量只有理论生产潜力的 42.7%，因此仍有较大的生产潜力亟待开发。

3.2 生产潜力适宜开发程度

生产潜力适宜开发程度是指在当地特定的自然环境和生态条件下,通过农业技术的提高以及人们的主观努力在一段时间内可以实现的潜力开发程度。它既要保证粮食的不断增长,满足人们的需要,又要保证农林经济可持续发展以及生态环境的良性循环。用此潜力开发程度作为贵德冬小麦潜力适宜开发程度,PSED 用生产潜力试验值(Y_w)与理论值(Y_Q)的比值来表示,即:

$$PSED=Y_w/Y_Q\times 100\%$$
 (4)

式中： Y_w ——试验生产力； Y_Q 同式(3)。根据计算，贵德地区气候生产潜力适宜开发程度为 57.3%。

3.3 生产潜力可开发程度

生产潜力可开发程度是指在贵德种植区通过技术和物质投入,加强栽培管理,在今后一段时间内可以实现的潜力开发程度,用潜力适宜开发程度与潜力目前开发程度之差来表示,即 PEED=PSED-PED,生产潜力可开发程度愈大,可实现的生产效率则愈高,反之,则愈低。据计算，贵德气候生产潜力可开发速度为 14.6%。上述分析表明，贵德地区潜力的适宜开发程度和可开发程度较高,但当前气候生产潜力开发程度偏低,增产潜力较大。

4 气候变化对生产潜力开发程度的影响

4.1 生产潜力开发程度年际变化对比

统计分析得知贵德地区生产潜力开发程度与生产潜力适宜开发程度和生产潜力可开发程度均呈显著的正相关,相关系数均为 1.00,显著水平均超过了 0.001,因此, PED 的变化完全能够替代 PSED 和 PEED 的变化。为了说明气候因素对冬小麦生产潜力开发程度的影响,对 2001—2010 年连续 10 a 的序列资料进行分析,结果表明,冬小麦生产潜力开发程度与全生育期及冬、春季降水和日照呈正相关;与冬、春和秋季的温度呈正相关;而与全生育期的温度、秋季的降水和日照呈负相关(表 2)。

表 2 贵德地区冬小麦生产潜力开发程度与温度、降水和日照的相关系数

季节	温度	降水	日照
冬	0.310	0.175	0.140
春	0.442	0.057	0.262
秋	0.475	-0.027	-0.425
全生育期	-0.125	0.241	0.368

从贵德冬小麦潜力开发程度距平曲线(图 1)可见,冬小麦潜力开发程度距平变化幅度在-10%~10%之间波动,以上升趋势为主,10 a 中有 6 a 是正距平,4 a 为负距平,总的趋势正距平居多,正距平中以 2007—2009 年为最大,距平变化幅度为 5.5%~10.0%;负距平中以 2010 年和 2005 年较大,距平变化幅度分别为-11.4%和 7.2%,说明气候产生的正负效应均较明显。

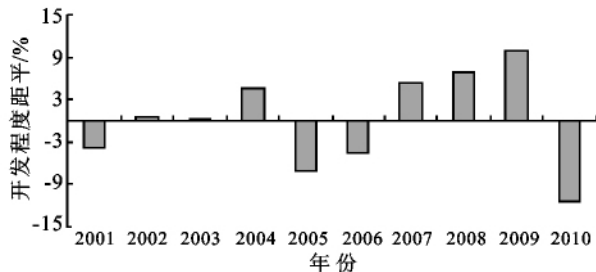


图 1 贵德冬小麦生产潜力开发程度距平年际变化

4.2 生产潜力适宜开发程度年际变化对比

贵德地区冬小麦生产潜力适宜开发程度与生产潜力开发程度变化有着相似的变化趋势,距平变化幅度也多在-10%~10%之间波动(图 2)。其中负距平出现 6 a,正距平出现 4 a。负距平变化幅度以 2004 年、2007 年、2008 年、2009 年较大,距平变化幅度分别为-4.4%,-5.4%,-6.7%,-9.9%;正距平变化幅度为 3.8%~11.5%,其中以 2001 年为最小,仅为 3.8%,2010 年最大,为 11.5%。说明气候的变化对冬小麦实际生产力水平和试验生产力水平影响一致。

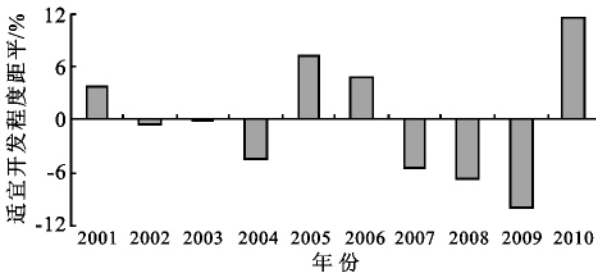


图 2 贵德冬小麦生产潜力适宜开发程度距平年际变化

4.3 生产潜力可开发程度年际变化对比

贵德冬小麦潜力可开发程度变化虽与冬小麦潜力开发程度、潜力适宜开发程度趋势一致,但距平变化幅度明显趋急,在-20%~20%之间波动。正距平变化年份为 4 a,距平变化幅度为 7.6%~23.1%,其

中以 2005 年和 2010 年最大,距平变化幅度值分别为 14.5%和 23.1%;负距平变化以 2004 年、2007 年、2008 年、2009 年最大,距平变化幅度为-8.8%~-19.8%,其中以 2008 年和 2009 年最大,分别为-13.4%和 19.8%(图 3)。说明冬小麦潜力可开发程度较高。

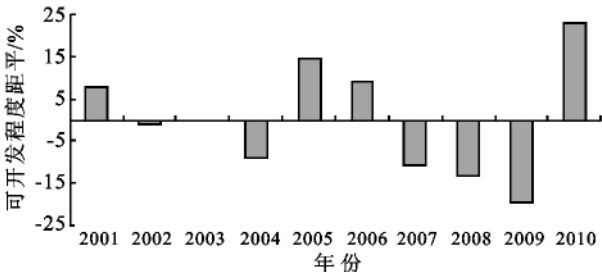


图 3 贵德冬小麦生产潜力可开发程度距平年际变化

4.4 生产潜力适宜开发对策措施

对贵德冬小麦生产潜力开发程度的分析表明,目前贵德冬小麦生产潜力开发程度仍偏低。因此,应调整优化冬小麦种植业结构,将其安排在最适宜的种植区,以最大限度地发挥农业资源潜力。同时,要在提高农民素质和引进技术上下大功夫,逐步从较落后的传统农业生产方式和思维方式向现代化农业和商品经济过渡。

由于人口增长的生存需要,旱农地区自然资源遭到掠夺性开发,导致土地退化,生态环境在一定程度上遭到破坏,直接制约着农业生产的进一步发展。因此,在努力提高生产水平,不断提高挖掘潜力的同时,要加大保护过度开发造成脆弱的生态环境的力度。农业开发重点应是农业和畜牧业综合开发,山坡地加大退耕还草力度,侧重生态环境建设。

贵德地区地形复杂,气候多样,潜力开发应因地制宜,在发展节水灌溉技术,提高水资源利用效率,强化对流域水资源的统一调配和管理,开展人工增雨作业,开发空中云水资源,保护山区林草植被,涵养水源的同时,适度发展规模养殖,发展以蔬菜、瓜果、药材、花卉为主的优势产业和高效日光温室、塑料大棚为主的保护地精细蔬菜生产,进一步培植壮大蔬菜型主导产业,走菜、果、粮立体种植的路子,实现生态效益和经济效益的协调发展。

5 结论

(1) 近 50 a 来贵德气温呈明显的上升趋势,四季中冬季气温呈极显著上升趋势,夏、秋季气温呈显著上升趋势,春季上升趋势未通过显著性检验。

(2) 近 50 a 贵德年降水量呈不明显的减少趋势,夏、秋、冬三季降水量均呈不明显减少趋势,春季平均降水量则呈不明显增加趋势。

(3) 近 50 a 来贵德县日照时数呈显著减少趋势, 四季日照时数均呈减少趋势, 夏季日照时数减少趋势显著, 冬季日照时数减少趋势刚刚通过显著水平信度检验, 而春季和秋季未通过信度检验。

(4) 目前贵德冬小麦生产潜力开发程度偏低, 现实生产力产量只有理论生产潜力的 42.7%, 气候生产潜力适宜开发程度为 57.3%, 气候生产潜力可开发速度为 14.6%。冬小麦生产潜力的适宜开发程度和可开发程度较高, 但当前气候生产潜力开发程度偏低, 增产潜力较大。

参考文献:

- [1] 周长进, 关志华. 贵德农业生产条件及潜力分析[J]. 资源科学, 2000, 22(5): 32-36.
- [2] 张谋草. 气候变暖对陇东塬区冬小麦生长发育及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 22(5): 232-235.
- [3] 丁一汇, 石广玉. 中国的气候变化与气候影响研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [4] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业生产的影响[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119-125.
- [5] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 37-59.
- [6] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [7] 薛为民. 正交多项式回归及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.
- [8] 李三爱, 居辉, 池宝亮. 作物生产潜力研究进展[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 43-48.
- [9] 林贤福. 应用迈阿密模型分析计算宁德市土地气候生产潜力[J]. 宁德师专学报, 2006, 18(1): 13-15.
- [10] 白永平. 甘肃省农业生态气候资源潜力比较与利用探讨[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 36(2): 270-278.
- [11] 林学椿, 于淑秋. 近四十年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-21.
- [12] 谭友邦, 谢利娟. 内江市近 40 年日照变化的统计特征[J]. 气象, 1996, 22(10): 27-30.
- [13] 李明香, 才荣辉, 金巍. 营口市近 50 年来日照时数变化的特征分析[J]. 辽宁气象, 1999(3): 10-12.
- [14] 张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 太湖无锡地区近 40 a 来日照的变化特征分析[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 231-237.

(上接第 259 页)

参考文献:

- [1] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.
- [2] 龚道溢, 王绍武. 全球气候变暖研究中的不确定性[J]. 地质学前沿, 2002, 9(2): 371-376.
- [3] 符淙斌, 董文杰, 温刚, 等. 全球变化的区域响应和适应[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 245-249.
- [4] 郑度, 姚檀栋. 青藏高原隆升与环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] 姚檀栋, 朱立平. 青藏高原环境变化对全球变化的响应及其适应对策[J]. 地球科学进展, 2006, 21(5): 459-464.
- [6] 莫申国, 张百平, 程维明, 等. 青藏高原的主要环境效应[J]. 地理科学进展, 2004, 23(2): 88-96.
- [7] 杜军. 西藏高原近 40 年的气温变化[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 682-690.
- [8] 林振耀, 赵昕奕. 青藏高原降水变化的空间特征[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 26(4): 354-358.
- [9] 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势[J]. 地球学报, 2005, 60(1): 3-11.
- [10] 严华生, 万云霞, 严小冬, 等. 近 500 年中国旱涝时空分布特征的研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2004, 26(2): 120-124.
- [11] 黄嘉佑, 刘舸. 华北干旱的阶段性与突变性研究[C]//黄荣辉, 李崇银, 王绍武, 等. 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究. 北京: 气象出版社, 2003: 4-343.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [13] 淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [14] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析[J]. 气象, 1995, 21(7): 54-57.
- [15] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 98-103.
- [16] 王建林, 林日暖. 中国西部农业气象灾害(1961—2000)[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [17] 王新华, 延军平, 柴莎莎. 近 48 年大同市旱涝灾害对气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 273-278.
- [18] 吴爱敏, 郭江勇, 王劲松. 中国西北地区伏期干旱指数及干旱分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24(7): 227-233.
- [19] 张存杰, 王宝灵, 刘德祥, 等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象, 1998, 17(4): 381-389.
- [20] 宋连春, 邓振镛, 董安祥. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 38-39.
- [21] 尹宪志, 张强, 徐启运, 等. 近 50 年来祁连山区气候变化特征研究[J]. 高原气象, 2009, 28(1): 85-90.
- [22] 郭良才, 岳虎, 王强, 等. 河西走廊干旱区农业气候资源变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(3): 14-22.