

黄河首曲流域草原气候变化特征及其对牲畜生存的影响

姚玉璧^{1,2,3} 王润元¹ 邓振镛¹ 尹东¹ 安华银⁴ 张秀云³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室,兰州 730020; 2. 中国气象局成都高原气象研究所,成都 610071;
3. 甘肃省定西市气象局,甘肃定西 743000; 4. 甘肃省甘南州气象局,甘肃合作 747000)

摘要 利用黄河首曲流域草原牧场气候资料和牧业生态定位观测资料及统计资料,分析黄河首曲流域草原牧场气候变化特征,及其对牲畜生存的影响。结果表明,黄河首曲流域牧场大部分区域降水量年际变化呈下降趋势,降水量年际变化存在 2~4 年、6~7 年、10~11 年的周期性振荡特征。气温年际变化趋势呈上升趋势,增温速度均大于全国增温速度。1983 年之前气温以偏冷为主,1984 年之后持续偏暖。草地年干燥指数呈显著上升趋势,近 20 年明显趋于干旱化,牧区草场产草数量和质量下降,劣等牧草、杂草和毒草的数量上升,草场生产力进一步下降。由于冬、春季气温升高,降雪减少,牧区雪灾趋于减少,牲畜死损率呈明显下降趋势。1984 年后幼畜成活率持续在 80% 以上的较高水平。

关键词 气候变化; 牲畜; 死亡率; 成活率; 草原生态; 黄河首曲流域; 可持续发展

中图分类号 P 467

文章编号 1007-4333(2007)01-0027-06

文献标识码 A

Climatic changes over the grassland around the first meander of Yellow River and its influence on animal subsistence

Yao Yubi^{1,2,3}, Wang Runyuan¹, Deng Zhenyong¹, Yin Dong¹, An Huayin⁴, Zhang Xiuyun³

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province and China Meteorological Administration/Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;
2. Chengdu Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration, Chengdu 610071, China;
3. Meteorological Bureau of Dingxi of Gansu Province, Dingxi 743000, China;
4. Meteorological Bureau of Gannan Prefecture of Gansu Province, Hezuo 747000, China)

Abstract Based on the climate data of plain meadow and the zoology orientation observational data of animal in the first meander of the Yellow River area, the climatic changes and its influence on the animal husbandry are analyzed. The results show that the annual change of precipitation has a descendant trend in most meadows around the first meander of the Yellow River and shows a 2~4 a, 6~7 a and 10~11 a periodicities. It is found that the annual change of average temperature behaves an ascendant trend and this ascending speed is higher than that of whole nation. The average temperature before 1983 is little lower; but it kept a continue warm period after 1984. The annual aridity index shows a remarkable ascendant trend during the later 1980s to 2004, thereby the pasture output and quality lean to descending and the proportion of weeds and poisonous weeds lean to increase, productivity of grass fields shows descendant trend. Because of temperature rising and snowfall reducing in winter and spring, the annual death rate of livestock tends to decrease and the annual survive rate of young animals tends to increase.

Key words climatic changes; animal; death rate; survive rate; ecology of grassland; the first meander of the Yellow River area;

近年来,我国北方地区气候变暖,干旱化和土地 沙漠化日益严重^[1-2],许多专家学者对此进行了研

收稿日期: 2006-07-03

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J100);甘肃省科学技术攻关计划项目(ZGS042-A44-017);中国气象局成都高原气象研究所高原气象开放基金资助项目(LPM2006014);兰州区域气象中心开放实验室项目(Lab2002-4)

作者简介: 姚玉璧,高级工程师,主要从事应用气象和气候研究, E-mail: yaoyubi@163.com

究^[3],其中,草地生态系统与全球气候变化关系的研究已成为研究的热点问题之一^[4-5]。草原地区绝对对数植物为 C₃ 植物,温度升高对其生长产生不利影响^[6]。20世纪90年代青藏高原牧草高度与80年代末期相比普遍下降30%~50%^[7]。西北地区地广人稀,环境严酷,气候变化的地域性差异显著,气候变化对牲畜影响的研究较少。

黄河在甘肃玛曲县境内形成长433 km“U”字形的弯,沿途流域拥有大面积亚高山草甸类草场和沼泽湿地,被誉为亚洲最好的牧场之一。黄河从青海省流入玛曲县境内时水量仅占总水量的20%,而流出境外时水量则占65%,玛曲县被誉为黄河的“天然蓄水池”,这里既是黄河上游草原湿地生态脆弱区,又是黄河补充水量关键区和水量变化敏感区。对黄河上游草原湿地生态脆弱区和黄河补水关键敏感区气候变化及其对牲畜的影响进行研究,以期为保护草原湿地生态系统的稳定性,促进畜牧业可持续发展提供科学依据。

1 资料与分析方法

1.1 资料

选用位于黄河首曲流域久治县气象站(101°29'E, 33°29'N, 海拔高度3 630.0 m) 1961—2004年的气象资料;红原县气象站(102°33'E, 32°48'N, 海拔高度3 492.7 m)和若尔盖县气象站(102°58'E, 33°35'N, 海拔高度3 441.1 m) 1961—2000年气象资料;玛曲县气象站(102°05'E, 34°00'N, 海拔高度3 473.2 m) 1967—2004年气象资料和玛曲县牧业生态观测资料及国民经济统计资料。

1.2 方法

1) 气候倾向率^[8]。气候要素的趋势系数变化一般用一次线性方程表示:

$$x_t = a_0 - a_1 t$$

其中 $t = 1, 2, \dots, n$ 年;气候倾向率用 a_1 表示,单位为某要素单位/10 a; $d\hat{x}_t/dt = a_1$ 。根据回归理论

$$a_1 = r_{xt} \frac{s_x}{s_t}$$

其中: s_x 为要素 x 的均方差; s_t 为数列 $1, 2, \dots, n$ 的均方差, r_{xt} 为气候趋势系数。

2) 小波分析。小波分析亦称多分辨率分析,是通过对一个一维函数或信号在时间和频率2个方向展开从信号中提取信息,通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化。小波基(母波)的种

类较多,这里采用 Morlet 小波,即

$$\psi(t) = e^{-t^2} \exp[-(2/k_0)^2 |t|^2]$$

其中: $\psi(t)$ 为母小波函数; t 为时间。小波变换系数为 $(t, a) = a^{-1/2} \int f(t) \psi^*(t/a - t/a) dt$, 其中 (t, a) 为小波系数, $f(t)$ 为资料序列, ψ^* 为的共轭函数。在实际应用时常将连续小波变换离散化^[9]。

3) 草地干燥指数。将陈明荣干燥度公式^[10]修正得

$$G = \frac{C T_{5-9}}{R}$$

其中: G 为草地干燥指数,其值越大说明越干燥,反之越湿润; T_{5-9} 为牧草生长季(5—9月)日平均气温 0 积温; C 为海拔高度订正系数,仅比较年际变化时为计算方便取 $C = 1$; $C T_{5-9}$ 表示蒸发力; R 为同期降水量。

4) 其他方法。相关分析、回归分析、积分回归等统计分析方法。

2 气候变化特征

2.1 降水量

1) 趋势变化。黄河首曲流域降水量年际下降趋势除红原县不明显外,其余各地年降水量呈明显下降趋势,降水量变化曲线线性拟合倾向率玛曲站和久治站分别为 -13.70 和 -17.13 mm/10 a(图1),大于全国年降水量递减率(-12.69 mm/10 a)^[11]。玛曲站降水量4阶主值函数呈两谷一峰型,方程为 $y = 0.0024x^4 - 0.1782x^3 + 4.1998x^2 - 36.154x + 698.98$ (y 为降水量主值函数, x 为年代序列,起始值为1,全文同),其线性化后的复相关系数 $R = 0.35$,通过 $\alpha = 0.01$ 检验;久治站降水量2阶主值函数呈抛物线型,方程为 $y = -0.2103x^2 + 7.751x + 707.66$, $R = 0.352$,通过 $\alpha = 0.01$ 检验。若尔盖站降水量变化曲线线性拟合倾向率为 -11.86 mm/10 a,低于全国年降水量递减率。

2) 年际距平。玛曲站历年平均降水量 599.9 mm,降水量距平百分率的年际变化在 -25%~35%之间,相对平稳,其中 1969—1974、1991—1997 年为少雨时期,1975—1990 年以偏多为主。若定义年降水量距平百分率 $R^* > 60\%$ 为特多, $20\% < R^* < 60\%$ 为偏多, $-20\% < R^* < 20\%$ 为正常, $-60\% < R^* < -20\%$ 为偏少, $R^* < -60\%$ 为特少

(下同)^[12],则年降水量偏多的是 1967、1978、1981 和 2003 年,偏少的是 1969、1990、1993 和 1996 年。其余年份 $-20\% < R^* < 20\%$,均在正常范围内变

化。就年代际降水距平百分率而言,20 世纪 60 年代偏多最大,70 年代次之,其余年代略偏多,90 年代偏少(表 1)。

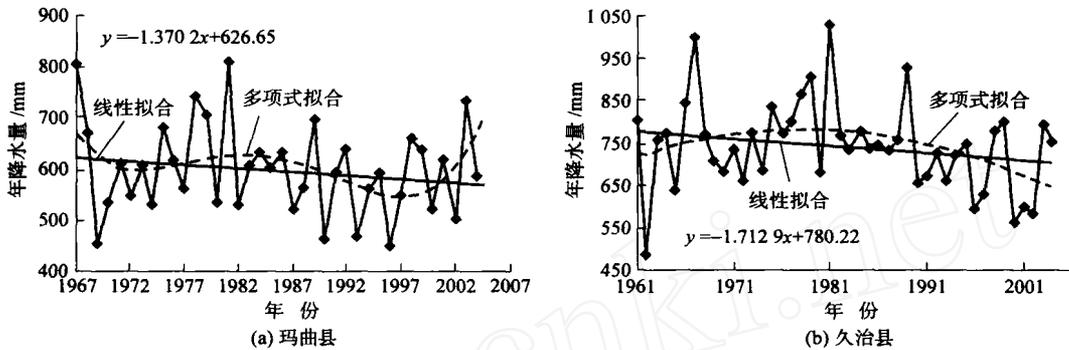


图 1 黄河首曲流域降水量年际变化曲线

Fig. 1 Curve of annual precipitation in the first meander of the Yellow River area

表 1 黄河首曲流域 1961—2004 年降水距平百分率、气温距平及流量距平百分率

Table 1 Departure of precipitation, surface air temperature and runoff in past four decades in the first meander of the Yellow River area from their climatic values

指标	1961—1970 年	1971—1980 年	1981—1990 年	1991—2000 年	2001—2004 年
玛曲降水距平率/ %	2.9	2.4	1.2	- 5.3	1.6
久治降水距平率/ %	0.5	3.8	6.1	- 7.1	- 8.0
玛曲气温距平/	- 0.4	- 0.2	0.0	0.2	1.0
久治气温距平/	- 0.5	- 0.2	0.2	0.4	0.9
唐乃亥流量距平率/ %	4.5	1.6	16.7	- 13.7	

久治站历年平均降水量 741.7 mm,降水量距平百分率的年际变化在 $-35\% \sim 40\%$ 之间,相对平稳。其中 1961—1965 年、1969—1972 年、1990—2002 年为少雨时期,1975—1989 年以偏多为主,年降水量偏多的是 1967、1979、1981 和 1989 年,偏少的是 1962、1996、2000 和 2002 年,其余年份 $-20\% < R^* < 20\%$,均在正常范围内变化。就年代降水量距平百分率,20 世纪 80 年代偏多,70 年代次之,90 年代偏少,2001—2004 年最少(表 1)。

若尔盖站历年平均降水量 656.3 mm,降水量距平百分率的年际变化为 $-25\% \sim 32\%$,相对平稳,其中 1969、1970、1986—1997 年为少雨时期,1978—1985 年以偏多为主,年降水量偏多的是 1961、1966、1968、1984 和 1998 年,偏少的是 1965 和 1987 年,其余年份 $-20\% < R^* < 20\%$,均在正常范围内变化。

红原站历年平均降水量 759.1 mm,降水量距平百分率的年际变化为 $-23\% \sim 31\%$,相对平稳,其中 1965—1972 年、1986—1997 年为少雨时期,1980—1985 年以偏多为主,年降水量偏多的是 1975、1983

和 1999 年,偏少的是 1965、1969 和 1997 年,其余年份 $-20\% < R^* < 20\%$,均在正常范围内变化。

研究区域降水量距平百分率的年际变化在 $-35\% \sim 40\%$ 之间,相对平稳,1961—1975、1990—2002 年为少雨时段,1979—1989 年为多雨时段。

3) 周期振荡特征。采用小波分析方法对研究区域降水量年际周期振荡特征进行分析。玛曲站降水量存在 2、4、11~12 a 的年际周期变化,短周期振荡中 1967—1978 年 4 a 周期明显,1985 年后 2 a 周期明显。11~12 a 的长周期振荡一致性较好。

久治站降水量存在 3、7 和 11 a 的年际周期变化,短周期振荡中 1961—1970、1985—2000 年 3 a 周期明显。长周期 7 和 11 a 振荡明显。

若尔盖站降水量存在 2、3、7~8 a 的年际周期变化,短周期振荡 1983 年以前以 2 a 为主,1984 年后 3 a 为主。7~8 a 的长周期振荡具有一致性特征。

红原站降水量存在 3~4、6~7 a 的年际周期变化,短周期振荡 1984 年以前以 3 a 为主,1985 年后 4 a 为主。6~7 a 的长周期 1979 年以前以 6 a 为主,

1980年后以7a为主。

综上,流域降水量的年际变化存在2~4a、6~7a、10~11a的年周期振荡特征。

2.2 气温

1)趋势。黄河首曲流域气温年际变化呈上升趋势,气温变化曲线线性拟合倾向率玛曲站、久治站较大,分别为0.335和0.337 /10a(图2),若尔盖站、红原站较小分别为0.224和0.201 /10a(图略),增温速度均大于全国的(0.044 /10a)^[13]。玛曲站气温2阶主值函数呈抛物线型,方程为 $y = 0.0015x^2 - 0.0253x - 0.2246$,线性化后的复相关系数 $R = 0.71$,通过 $F = 0.01$ 检验;久治站气温2阶主值函数呈抛物线型,方程为 $y = 0.0002x^2 + 0.0231x - 0.6249$,线性化后的复相关系数 $R = 0.73$,也通过 $F = 0.01$ 检验。

2)年际特征。由表1可见:玛曲站年平均气温距平20世纪60、70、80和90年代分别为-0.4、

-0.2、0和0.2,呈明显上升趋势,2000—2004年气温距平为1.0;久治年平均气温距平60、70、80和90年代分别为-0.5、-0.2、0.2和0.4,呈明显上升趋势,2000—2004年为0.9,2000年后仍在上升。若尔盖站、红原站气温年代际距平具有相同变化特征。

根据世界气象组织(WMO)的规定:距平1个标准差为暖年,距平2个标准差为异常暖;距平1个标准差为冷年,2个标准差为异常冷。玛曲站暖年为1988、1994、1998、1999和2001—2004年,其中异常暖年为1998和2003年;冷年为1967、1968、1970、1971、1976、1977和1983年,无异常冷年。

久治站暖年为1974、1984、1987、1988、1991、1994、1996和1998—2004年,其中异常暖年为1975、1988、1998、1999和2003年;冷年为1962、1963、1965、1967、1968、1970、1971、1977和1983年,异常冷年为1977和1983年。

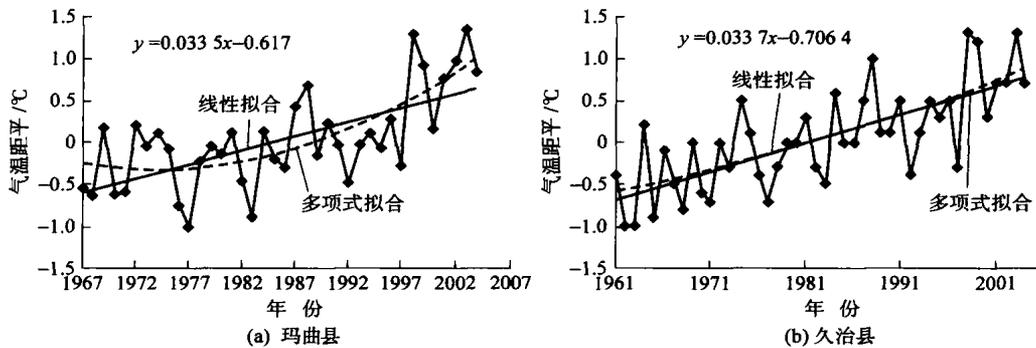


图2 黄河首曲流域气温距平年际变化曲线

Fig. 2 Departure of annual temperature in the first meander of the Yellow River area

若尔盖站暖年为1974、1984、1988、1994、1998和1999年,其中异常暖年为1998、1999年;冷年为1962、1963、1965、1968、1970、1971、1976、1977和1983年,无异常冷年。

红原站暖年为1964、1974、1987、1988、1994、1996和1998、1999年,其中异常暖年为1998、1999年;冷年为1963、1965、1968、1970、1971、1976、1977、1983和1997年,无异常冷年。

研究区域气温1983年前以偏冷为主,1984年后持续偏暖。年平均气温变化趋势与西北、青藏高原其他地区变暖的趋势基本一致。1980年后持续偏暖的趋势与西北、青藏高原其他地区一致^[14-15]。

2.3 草地干燥指数

黄河首曲流域玛曲站草地年干燥指数变化呈显著上升趋势(图3),干燥指数变化曲线线性拟合倾

向率为0.114/10a,年干燥指数3阶主值函数呈波动增加,方程为 $y = -0.0001x^3 + 0.0056x^2 - 0.0781x + 2.8069$,其线性化后的复相关系数 $R = 0.37$,通过 $F = 0.01$ 检验。

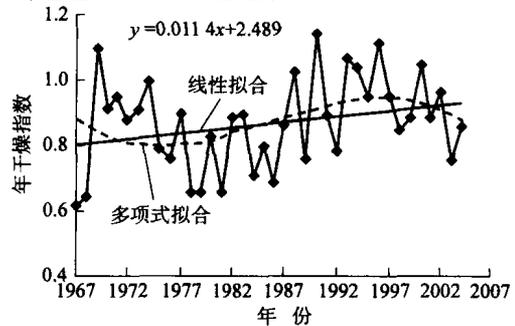


图3 1967—2004年玛曲年干燥指数曲线

Fig. 3 Curve of annual aridity index in Maqu during 1967—2004

1969—1977 年为相对干燥期,1978—1986 年为相对湿润期,之后,干燥程度上升,明显趋于干旱化。对草地资源及草原生态产生十分不利的影响,促使草原生态逆向演替,导致湿地减少,草地退化,水资源减少,植物群落结构退化,生物多样性遭破坏。

3 气候变化对牲畜生存的影响

3.1 对牲畜死损率的影响

黄河首曲流域草原牧区主要畜种为牦牛和藏系绵羊。牲畜死损率与冬春季气温、冬春季降雪量呈显著相关。当日平均气温低于 0℃ 时,牧区牲畜在无棚圈环境下,只有消耗脂肪转化热能以御寒。冷季负积温越多,畜体掉膘越多,死损率越高。反之,牲畜死损率下降。

由图 4 可见,牦牛死损率变化曲线线性拟合倾向率为 $-1.174/10\text{ a}$,呈显著下降趋势,4 阶主值函数呈波动下降,方程 $y = -0.0001x^4 + 0.0063x^3 - 0.0773x^2 - 0.0889x + 7.9684$,其线性化后的复相关系数 $R = 0.66$,通过 $t = 0.01$ 检验。绵羊死损率变化曲线线性拟合倾向率为 $-4.525/10\text{ a}$,也呈显著下降趋势,3 阶主值函数呈波动下降,方程为 $y = 0.0023x^3 - 0.0803x^2 + 0.1903x + 13.045$,其线性化后的复相关系数 $R = 0.82$,也通过 $t = 0.01$ 检验。1983 年前,牲畜死损率较高,主要是冬、春季低温多雪所致;从 1984 年开始,冬、春季气温在小振幅中持续上升,雪灾明显减少,除 1995 年外,牲畜死损率持续在平均值以下的偏低水平上。

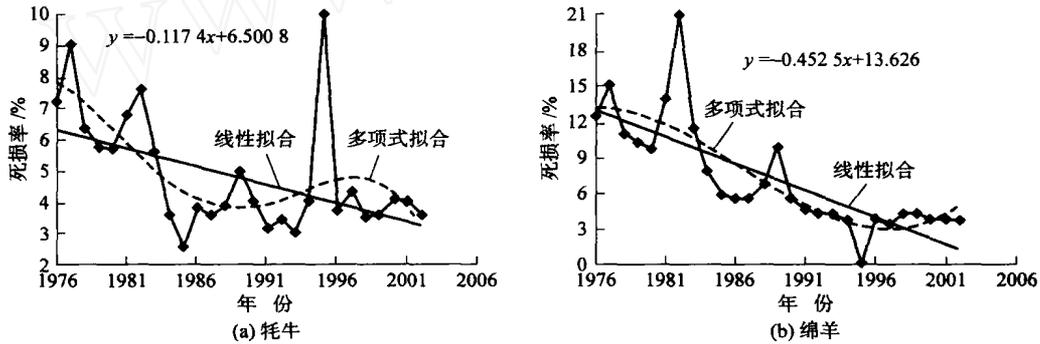


图 4 1976—2002 年玛曲县牲畜死损率变化曲线

Fig. 4 Curve of annual death rate of livestock in Maqu during 1976—2002

3.2 对幼畜成活率的影响

以藏系绵羊羔羊为例研究气候变化对幼畜成活率的影响。藏系绵羊一般 7—9 月配种,孕期 148~154 d,12 月至翌年 2 月产羔,平均羔羊成活率 82.6%。相关分析表明,羔羊成活率与 12 月至翌年 5 月气温及极端最低气温呈正相关,与该时间段降水量、大雪、低温连雨雪、雪灾次数呈负相关^[16]。由图 5 可见,藏系绵羊羔羊成活率变化曲线线性拟合倾向率为 $8.406/10\text{ a}$,呈显著上升趋势,3 阶主值函数呈波动上升,方程为 $y = -0.0008x^3 - 0.0175x^2 + 1.8003x + 66.568$,其线性化后的复相关系数 $R = 0.52$,通过 $t = 0.01$ 检验。

从 1984 年开始,冬、春季气温在小振幅中持续上升,雪灾明显减少,藏系绵羊羔羊成活率持续在平均值及其以上的较高水平上。

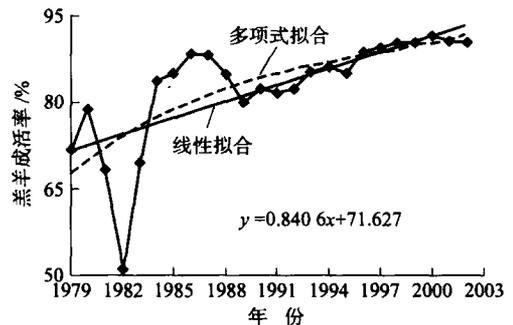


图 5 1979—2002 年玛曲县羔羊成活率变化曲线

Fig. 5 Curve of annual survive rate of lamb in Maqu during 1979—2002

牦牛一般 7—9 月配种,翌年 4—6 月产犊,平均牛犊成活率 89.0%。相关分析表明,牛犊成活率与 4—8 月气温、最低气温、日照时数均呈正相关,与该时间段降水量呈负相关,气温高,光照充沛,降水少牛犊成活率高,反之则低^[17]。

3.3 对牲畜产肉量的影响

分析气候变化对牲畜产肉量的影响,发现 1、7 月气温与牲畜产肉量呈显著正相关,而与 6 月降水

量呈负相关,积分回归分析发现光、温、水对产肉量影响系数曲线呈波动变化^[18],反映了气候变化对产肉量影响有多样性。气温增高,降水减少,有利于牲畜抓膘育肥,但草场退化,牧草产量及品质下降,载畜量增加,草原过牧,又成为牲畜抓膘育肥的限制因素,使牲畜产肉量呈波动变化。

3.4 对牧草生长发育的影响

由于水分是牧草生长发育的主要限制因子,高寒阴湿区温度的升高对牧草的正作用并不明显,而且随着温度的升高,蒸发加剧,土壤变干,反而加重了牧草需水的胁迫。降水量趋于减少,干燥指数变化呈显著上升趋势,草地气候趋于暖干化,牧区草场产草数量和质量下降,劣等牧草、杂草和毒草的数量上升,草原退化,草场初级生产力进一步下降。

4 结论

1)近20年来,黄河首曲流域草原牧区大部分区域年降水量呈下降趋势,降水量年际变化存在2~4、6~7和10~11a的年周期振荡特征。降水量距平百分率的年际变化为-35%~40%,相对平稳。1961—1975年、1990—2002年为少雨时段,1979—1989年为多雨时段。气温年际变化趋势呈上升趋势,1983年之前气温距平变化以偏冷为主,1984年之后持续偏暖。

2)研究区域玛曲县草地年干燥指数变化呈显著上升趋势,1969—1977年为相对干燥期,1978—1986年为相对湿润期,之后,干燥程度上升,明显趋于干旱化。

3)近20年由于冬、春季气温升高,降雪减少,使得牧区雪灾趋于减少,这对牲畜越冬度春非常有利,牲畜死损率呈明显下降趋势;幼畜成活率1984年之后持续在平均值及其以上的较高水平。气温增高,降水减少,有利于牲畜抓膘育肥,但牧草产量及品质下降,牧场超载过牧,又成为牲畜抓膘育肥的限制因素,使得牲畜产肉量呈波动变化。

4)气温增高,降水减少,干燥指数上升,草地气候趋于暖干化,对畜牧业的影响:有利的方面是牲畜死损率呈明显的下降趋势、幼畜成活率上升;不利的方面是牧区草场产量、质量和草场初级生产力下降,劣等牧草、杂草和毒草数量上升,草原退化,草场初级生产力进一步下降,直接威胁畜牧业的可持续

发展。

参 考 文 献

- [1] 符凉斌,安芷生,郭维栋.我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究():主要研究成果[J].地球科学进展,2005,20(11):57-67
- [2] 李栋梁,吕世华,邓振镛,等.疏勒河绿洲系统气候变化的特征分析[J].高原气象,2004,23(2):233-237
- [3] 秦大河,主编.中国西部环境演变评估综合报告[M].北京:科学出版社,2002:52-63
- [4] 周广胜,王玉辉,白莉萍,等.陆地生态系统与全球变化相互作用的研究进展[J].气象学报,2004,62(5):692-706
- [5] 李英年,张景华.祁连山区气候变化及其对高寒草甸植物生产力的影响[J].中国农业气象,1997,18(2):29-32
- [6] 方精云.全球生态学:气候变化与生态响应[M].北京:中国高等教育出版社,2000:319
- [7] 张国胜,李林,汪青春,等.青藏高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究[J].草业学报,1999,8(3):1-10
- [8] 施能.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,2002:120-122,143-146
- [9] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999:106-113
- [10] 邓振镛,林日暖.河西气候与农业开发[M].北京:气象出版社,1993:61-62
- [11] 陈隆勋,朱文琴,王文,等.中国近45年来气候变化的研究[J].气象学报,1998,56(3):257-271
- [12] 姚玉璧,李耀辉,王毅荣,等.中国黄土高原气候与气候生产力对全球气候变化的响应[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):202-208
- [13] 王绍武,蔡静宁,朱锦红,等.中国气候变化的研究[J].气候与环境研究,2002,7(2):137-146
- [14] 李生辰,徐亮,郭英香,等.近34a青藏高原年气温变化[J].中国沙漠,2006,26(1):27-33
- [15] 赵燕宁,时兴合,王式功,等.青海河湟谷地气候变化及干旱变化研究[J].中国沙漠,2006,26(1):54-59
- [16] 李富洲,姚玉璧.藏系绵羊羔羊成活率气候分析预报研究[J].甘肃气象,1996,14(1):26-28
- [17] 姚玉璧,李富洲.牦牛犊成活率与气候因素的相关研究[J].中国畜牧杂志,1997,33(3):40-41
- [18] 姚玉璧,李玉清.气候因素对牦牛产肉量的影响分析[J].中国畜牧杂志,1995,31(1):33-34