

甘肃不同强度降水日数变化对干旱灾害的影响

刘德祥^{1,2}, 白虎志¹, 梁东升², 宁惠芳¹

(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开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 兰州区域气候中心, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 采用甘肃省 60 个地面气象站 1961~2004 年 3~10 月日降水量, 统计了历年 3~10 月的降水量, 小雨、中雨、大雨、暴雨日数和连阴雨次数; 用相关分析方法研究了干旱气象灾害对不同强度降水日数变化的响应。结果表明, 降雨量即小雨、中雨、大雨、暴雨日数和连阴雨次数都呈减少趋势; 干旱面积和粮食减产量呈增加趋势; 降水量、连阴雨次数、中雨日数与干旱面积和粮食减产量之间呈显著负相关, 小雨和大雨次之; 连阴雨次数和中雨日数减少, 是造成干旱面积扩大、粮食大幅度减产的重要因素。

关键词: 降水强度; 干旱灾害; 粮食产量; 甘肃省

中图分类号: P 468.0⁺24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007) 02-0212-06

在全球气候变暖的背景下, 甘肃省的降水量在时空分布上发生明显的变化。河东旱作区干旱化趋势严峻, 极端干旱气候事件频繁发生, 在近 15 年 (1991~2005 年) 中, 有 11 年出现干旱, 其中 5 年为严重干旱年, 只有 4 年降水正常或偏多。这些严重的干旱气候事件和气候暖干化对甘肃农业和生态环境产生的不良影响, 引起了政府决策部门和公众的广泛关注。近年来有关专家对西北地区气候变化的研究比较多^[1~9], 为人们认识西北地区气候变化做出了有益探索。气候变化对西北地区农业生产的影响也有不少研究^[7~14]。甘肃省大部分地方是干旱和半干旱气候, 特别是河东雨养农业区, 既是气候变化敏感区, 又是生态环境脆弱带, 农作物对气候变化的响应最为敏感。不同强度降水日数表示了不同强度降水量出现的频数, 农业的丰歉不但与作物生育期降水量的多少有关, 还与不同强度降水日数出现频数有关。降水量比较少的年份, 降水强度适宜, 时空分布比较均匀, 粮食收成也比较好。降水量比较多, 而且集中在一段时间内, 而另一时段降水量很少, 时空分布不均, 就会出现干旱灾害, 严重影响农作物正常生长。但是不同强度降水日数的变化特征及其对甘肃干旱面积、粮食产量影响的定量研究还没有看到。不同强度降水日数有何变化特征? 不同强度降水日数的变化对于干旱面积、粮食产量有什么影响? 这是我们主要研究的问题。干旱监测、预测和影响评估具有一定的参考价值。

1 资料与方法

选取甘肃省 60 个地面气象站 1960~2004 年日降水量资料, 计算了历年 3~10 月 (农作物生育期) 降水日数 (降水量 ≥ 0.1 mm/d)、小雨日数 (降水量 0.1~9.9 mm/d)、中雨日数 (降水量 10.0~24.9 mm/d)、大雨日数 (降水量 25.0~49.9 mm/d)、暴雨日数 (降水量 ≥ 50.0 mm/d)、连阴雨次数 (单站连续阴雨 ≥ 5 d, 过程总降水量 ≥ 15.0 mm, 同时满足以上条件者, 为一次连阴雨过程, 将同一连阴雨过程出现站数 ≥ 5 站确定为一次区域性连阴雨)。干旱面积、粮食减产量资料来源于《甘肃农村经济年鉴》、《甘肃抗旱防汛手册》《甘肃省气象灾害大典》。平均值均为 1971~2000 年, 相关系数采用 1971~2004 年连续 34a 的序列资料计算。

2 降水量和不同强度降水日数的变化特征

2.1 年降水量的变化

甘肃省近 45a (1960~2004 年) 区域平均年降水量呈减少趋势, 线性趋势变化率为 -6.3 mm/10a, 河西年降水量呈增加趋势, 线性趋势变化率 2.9 mm/10a, 河东年降水量呈减少趋势, 线性趋势变化率 -11.8 mm/10a, 河东年降水量减少的变率要比河西增大的变率大 4 倍 (图略)。1960~1986 年全省和河西年降水量都呈增加趋势, 线性趋势变

收稿日期: 2006-07-20
基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”(2005DI B3 100); “中国干旱气象灾害监测预警方法研究”(2004DI B3 192)
作者简介: 刘德祥 (1948—), 男, 甘肃甘谷人, 高级工程师, 长期从事干旱气候变化和影响评估研究。E-mail: ldxzh@163.com。

化率分别为 3.0 mm/10a 和 5.5 mm/10a, 河东呈减少趋势, 线性趋势变化率为-5.3 mm/10a。1987~2004 年全省、河西和河东年降水量都呈减少趋势, 线性趋势变化率分别为-12.2 mm/10a、-1.5 mm/10a 和-15.7 mm/10a, 河东减少的速率最大。1987~2004 年与 1960~1986 年相比, 全省年降水量减少 19 mm, 河西增加 5 mm, 河东减少 39 mm。

2.2 年降水日数的变化

甘肃省近 45a(1960~2004 年) 全省和河东年降水日数的历年变化呈减少趋势(图 1), 线性趋势变化率分别为-1.2 d/10a 和-1.7 d/10a; 河西呈增加趋势, 线性趋势变化率为 0.4 d/10a。1960~1986 年全省、河西和河东年降水日数都呈增加趋势, 线性趋势变化率分别为 0.9 d/10a、1.60.9 d/10a 和 0.6 d/10a。1987~2004 年全省、河西和河东年降水日数都呈减少趋势, 线性趋势变化率分别为-6.1 d/10a、-1.4 d/10a 和-7.9 d/10a, 1987 年以来全省、河西和河东降水日数的减少趋势加快。

甘肃省区域平均年降水日数与平均值相比, 上世纪 60 年代偏少, 70 和 80 年代偏多, 90 年代和本

世纪初明显偏少, 1987~2004 年与 1960~1986 年相比, 全省偏少 4.9d。河西上世纪 60、70 和 80 年代偏多, 90 年代和本世纪初也明显偏少, 1987~2004 年比 1960~1986 年平均偏少 6.4d。河东上世纪 60 年代偏少, 70 和 80 年代偏多, 90 年代和本世纪初明显偏少, 1987~2004 年比 1960~1986 年平均偏少 5.4d, 偏少幅度比河西小(表 1)。

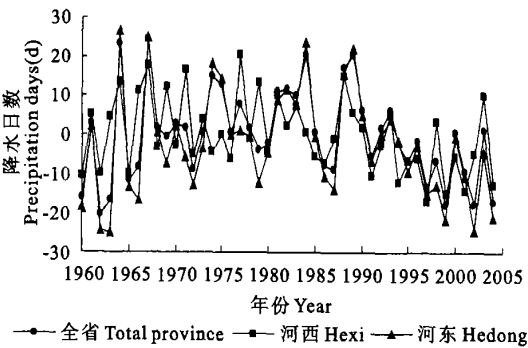


图 1 甘肃省 1960~2004 年降水日数的变化(d)
Fig. 1 Variation of precipitation days in Gansu Province from 1960to 2004

表 1 甘肃省年降水日数的年代际变化(d)
Table 1 Variation of yearly precipitation days in Gansu Province

年代 Decades	全省 Total	河西 Hexi	河东 Hedong	陇中 Longzhong	陇东 Longdong	陇南 Longnan
1961~1970	-2.2	3.0	-2.6	-0.7	0.6	-3.9
1971~1980	3.0	3.6	2.6	4.6	0.9	1.8
1981~1990	7.3	2.3	8.5	8.8	6.9	8.5
1991~2000	-4.0	-6.1	-3.8	-5.6	-5.8	-1.6
2000~2004	-8.5	-5.5	-9.8	-14.2	-5.2	-9.6
1960~1986	1.9	2.6	2.0	3.5	1.8	1.5
1987~2004	-3.0	-3.8	-3.1	-5.2	-2.7	-2.2
差值 Difference	-4.9	-6.4	-5.1	-8.7	-4.5	-3.7
1960~2004	141.8	96.7	156.2	148.3	144.0	173.8

注:差值为 1987~2004 年平均值与 1960~1986 年之差
Note : The difference is bet ween average during 1987~2004and average during 1960~1986

2.3 不同强度降水日数的变化

甘肃省近 45a(1960~2004 年) 年大雨、中雨和小雨日数都呈微弱减少趋势(图 2), 它们的线性趋势变化率分别为-0.05 d/10a、-0.38 d/10a 和-0.78d/10a。1960~1986 年大雨和中雨日数呈减少趋势, 线性趋势变化率分别为-0.13 d/10a 和-0.39d/10a, 小雨日数呈增加趋势, 线性趋势变化率为 1.26 d/10a。1987~2004 年大雨日数呈增加趋势, 线性趋势变化率为 0.14d/10a, 中雨和小雨日

数为减少趋势, 线性趋势变化率分别为-0.16 d/10a 和-6.2 d/10a。在农业上将日降水量≥10 mm 的降水称为有效降水, 中雨对农作物生长十分有利, 中雨日数减少, 使干旱和半干旱地区的降水资源更加缺乏, 严重影响农业生产。

近 45a(1960~2004 年) 连阴雨次数和区域性暴雨次数的历年变化都呈减少趋势(图 3), 它们的线性趋势变化率分别为-4.7%/10a 和-12.5%/10a。1960~1986 年连阴雨和区域性暴雨次数都呈

减少趋势,线性趋势变化率分别为 $-1.2\%/10a$ 和 $-6.4\%/10a$ 。1987~2004 年连阴雨和区域性暴雨次数仍然呈减少趋势,线性趋势变化率分别为 $-0.071/10a$ 和 $-0.135/10a$,表明 1987 年以来连阴雨和区域性暴雨次数减少的趋势在加快。虽然暴

雨和连阴雨可以造成洪涝灾害,但是它们能够增加降水资源,缓解干旱灾情。区域性暴雨和连阴雨次数快速减少,是甘肃省区域平均降水量减少的一个重要原因,这种异常现象应该引起关注。

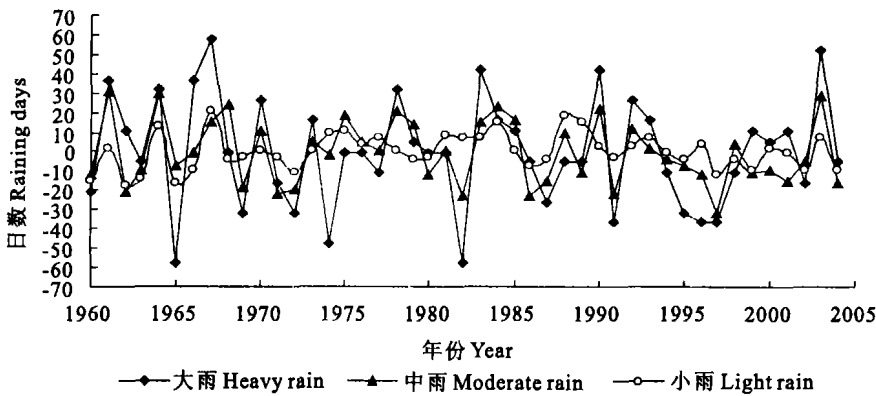


图 2 甘肃省 1960~2004 年大雨、中雨和小雨日数距平百分率的变化 (%)

Fig.2 Anomalies percentage of days of heavy rain, moderate rain and light rain in Gansu Province from 1960 to 2004

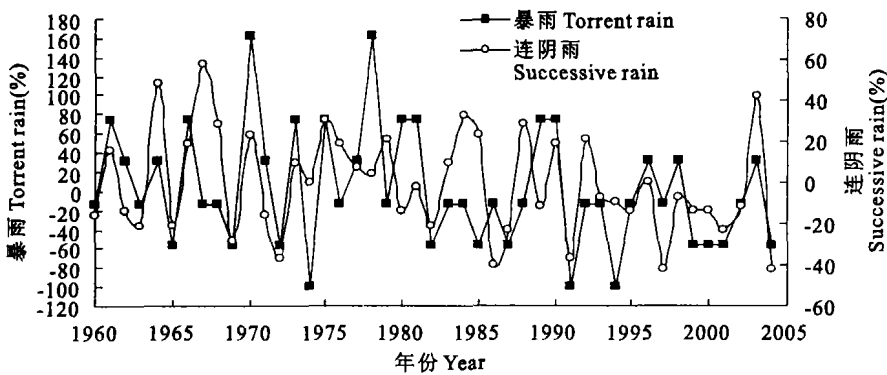


图 3 甘肃省 1960~2004 年区域性暴雨和连阴雨次数距平百分率的变化 (%)

Fig.3 Anomalies percentage of times of regional torrent rain and successive raining days in Gansu Province from 1960 to 2004

3 干旱面积和粮食减产量的变化

干旱气象灾害是对甘肃农业危害最严重的自然灾害,在近 34a(1971~2004 年)全省平均干旱受灾面积约为 77.16 万 hm^2 , 占总播种面积的 21.5%。上世纪 70 年代、80 年代、90 年代干旱面积占总播种面积的百分比分别为 18.3%、17.6%、27.0%, 尤以 1995 年和 2000 年干旱面积最大, 分别占本年总播种面积的 55.1%和 45.1%。干旱面积呈扩大趋势, 线性趋势变化率为 9.3 万 $hm^2/10a$ (图 4)。甘肃省 1971~2004 年干旱受灾面积超过 100 万 hm^2 的严重干旱年有 13 次(详见表 2), 而上世纪 90 年代就出现了 6 次, 严重干旱气象灾害发生频率也呈加快趋势。

表 2 甘肃省 1971~2004 年大旱年农作物受灾情况及旱灾类型

Table 2 Situation of the crops affected by drought and drought type in disastrous drought years in Gansu Province from 1971 to 2004

年份 Year	干旱面积 Drought area ($10^4 hm^2$)	减产粮食 Grain decrease ($10^4 t$)	旱灾类型 Drought type
1971	115.40	71.97	冬春连旱、伏秋连旱
1972	107.13	68.14	伏秋连旱
1973	110.00	70.52	春夏旱、伏秋连旱
1981	117.47	124.12	春旱、春末初夏旱
1982	130.27	131.45	夏旱严重
1987	115.16	110.12	冬春旱、伏秋连旱
1991	106.13	65.0	夏秋连旱
1992	102.40	40.0	春旱
1994	116.61	52.0	春旱、伏秋连旱
1995	208.74	150.0	秋冬春夏连旱
1997	157.41	80.0	春旱、夏秋连旱
2000	162.23	112.1	春末初夏旱、伏旱
2001	108.99	78.3	前春旱、春末至夏季连旱

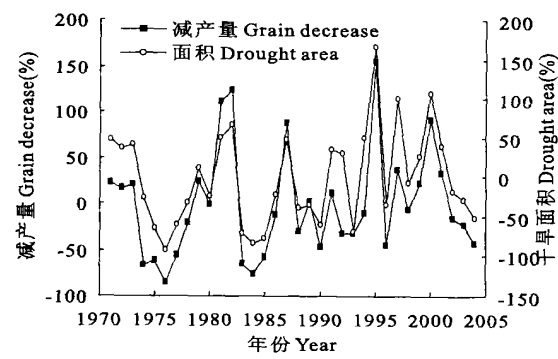


图 4 甘肃省 1971~2004 年干旱面积和粮食减产量的变化
Fig. 4 Variation of the drought area and grain decrease in Gansu Province from 1971to 2004

甘肃省 1971~2004 年全省因干旱灾害造成的粮食减产量(简称粮食减产量)平均为 58.08 万 t, 上世纪 70 年代为 45.0 万 t、80 年代为 63.5 万 t, 90 年代为 61.7 万 t。尤其是 1981、1982、1987、1995 年和 2000 年粮食减产量都在 100 万 t 以上(表 2)。1971~2004 年粮食减产量呈增加趋势, 线性变化趋势率为 4.90 万 t /10a(图 4)。严重干旱气候事件对对粮食安全生产造成了很大影响。

4 干旱气象灾害对降水强度变化的响应

4.1 不同强度降水日数变化对干旱面积的影响

4.1.1 降水量变化对干旱面积的影响 甘肃 1971~2004 年全省干旱面积与农作物生育期(3~10 月)降水量呈显著反相关(图 5), 两者的相关系数为 -0.538 0, 显著性水平超过了 0.001, 表明降水量的变化是形成干旱灾害的最主要原因。甘肃省大多数地方是干旱和半干旱气候, 农作物生育期的水分由自然降水提供, 正常年的降水量也不能满足农作物生育期耗水量的需求, 在降水偏少年往往会发生大面积干旱或严重干旱, 造成粮食大面积减产, 严重旱年有些地方甚至无收。

4.1.2 不同强度降水日数变化对干旱面积的影响

利用甘肃省 1971~2004 年农作物生育期(3~10 月)区域平均小雨日数、中雨日数、大雨日数、区域性暴雨次数和连阴雨次数, 分别分析了与干旱面积历年变化的关系, 结果表明, 全省连阴雨次数、中雨日数与干旱面积之间为显著的负相关(图 6), 相关系数分别为 -0.498 4 和 -0.538 2, 显著性水平超过了 0.001。分析还表明小雨日数、大雨日数与干旱面积之间也呈密切的负相关(图略), 相关系数分别为 -0.453 0、-0.435 3, 显著性水平都超过了

0.01。表明全省区域平均连阴雨次数和中雨日数对干旱面积影响最明显。

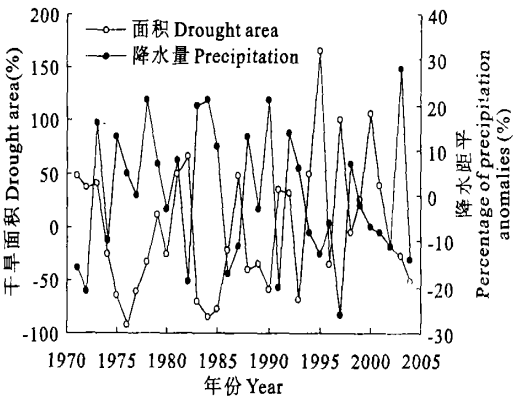


图 5 甘肃省 1971~2004 年干旱面积和 3~10 月降水距平百分率(%)的变化
Fig. 5 Variation of the drought area and precipitation anomalies percentage (%) in Mar. ~Oct. in Gansu Province from 1971 to 2004

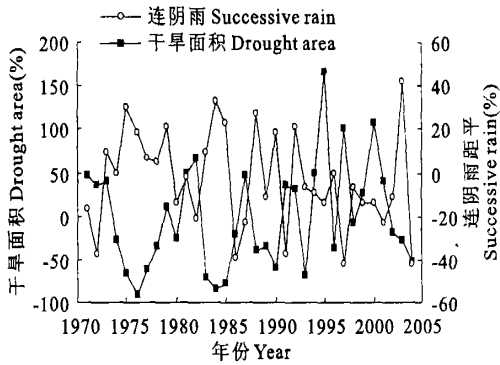


图 6 甘肃省 1971~2004 年干旱面积和 3~10 月连阴雨次数距平百分率的变化
Fig. 6 Variation of the drought area and anomalies percentage of times of successive raining days in Mar. ~Oct. in Gansu Province from 1971 to 2004

4.2 不同强度降水日数变化对粮食减产量的影响

4.2.1 降水量变化对粮食减产量的影响 甘肃省 1971~2004 年粮食减产量随着农作物生育期(3~10 月)降水量的变化而变化, 降水量偏多的年份粮食减产量就比较少, 而降水量偏少的年份粮食减产量就比较多, 两者之间呈显著的反相关(图 7), 相关系数 -0.446 0, 显著性水平超过了 0.01。甘肃旱作农业区影响农作物产量的因素除土壤性质、耕作方法、田间管理和作物品种外, 而干旱气象灾害对农作物产量的影响最大, 大范围 and 长时间的持续干旱, 严重影响农作物的正常生长、产量的形成和质量提高, 尤其是农作物生育期或需水关键期, 降水量的多少直接影响农作物的产量和质量。甘肃是全国降水

量最少省之一,有‘十年九旱’之说,降水资源紧缺, 展的主要瓶颈。
干旱气象灾害频繁发生,是限制甘肃农业可持续发

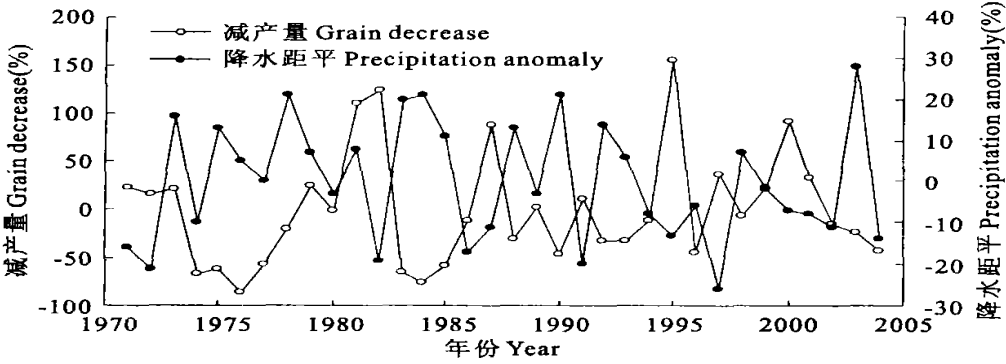


图 7 甘肃省 1971~2004 年粮食减产量和 3~10 月降水距平百分率 (%) 的变化

Fig. 7 Variation of grain decrease and precipitation anomalies percentage in Mar. ~Oct. in Gansu Province from 1971 to 2004

4.2.2 不同强度降水日数变化对粮食减产量的影响 甘肃省 1971~2004 年农作物生育期(3~10 月)区域平均中雨日数、大雨日数和连阴雨次数与粮食减产量之间都为显著的负相关(图 8),其相关系数分别为-0.481 0、-0.384 7 和-0.462 2,显著性水平都超过了 0.01。表明中雨日数、大雨日数和连阴雨次数的变化是影响干旱程度的最主要因素。小雨日数与粮食减产量之间也为较显著的负相关,其相关系数为-0.318 6,显著性水平超过了 0.01,说明小雨日数的变化对粮食减产量的影响没有中雨、大雨日数和连阴雨次数明显。暴雨日数与粮食减产量之间虽然为负相关,其相关系数为-0.152 6,达不到显著性水平,这是由于暴雨虽然降水强度比较大,由于范围比小,对全省的粮食产量影响不大。

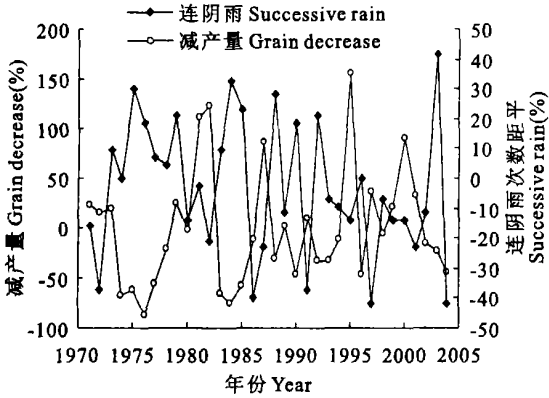


图 8 甘肃省 1971~2004 年粮食减产量和 3~10 月连阴雨次数距平百分率 (%) 的变化

Fig. 8 Variation of grain decrease and anomalies percentage of times of successive raining days (%) in Mar. ~Oct. in Gansu Province from 1971 to 2004

5 小 结

- 1) 甘肃省 1971~2004 年农作物生育期(3~10 月)降水量,小雨、中雨、大雨、区域性暴雨次数和连阴雨次数都呈减少趋势,干旱面积和干旱灾害造成的粮食减产量呈增加趋势。
- 2) 甘肃农作物生育期(3~10 月)降水量、连阴雨次数、中雨日数与干旱面积、粮食减产量之间的负相关最显著,小雨日数和大雨日数较显著,暴雨日数与干旱面积、粮食减产量之间负相关达不到显著性水平。
- 3) 连阴雨次数、中雨和大雨日数的减少是极端干旱气候事件频繁发生、干旱面积扩大、粮食大幅度减产的最主要原因。气候向干旱化发展趋势加快,降水强度的变化对甘肃农业的负面影响十分明显。

参 考 文 献:

[1] 李栋梁,魏 丽,蔡 英,等.中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J].冰川冻土,2003,25(2):135-142.
[2] 宋连春,张存杰.20 世纪西北地区降水变化特征[J].冰川冻土,2003,25(2):143-148.
[3] 张存杰,高学杰,赵红岩.全球气候变暖对西北地区秋季降水的影响[J].冰川冻土,2003,25(2):157-164.
[4] 王 菱,谢贤群,苏 文,等.中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响[J].自然资源学报,1993,337-342.
[5] 王毅荣.黄土高原土壤干旱异常阶段特征[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):205-214.
[6] 时兴合,李凤霞,扎西才让,等.海西东部及环青海湖地区 40 多年的气候变化研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):215-221.
[7] 刘德祥,董安祥,邓振镛.中国西北地区气候变暖及其对农业影响的研究[J].自然资源学报,2005,20(1):1-7.

[8] 刘德祥,董安祥,陆登荣.中国西北地区近 43 年气候变化及其对农业生产的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):195—200.

[9] 刘德祥,董安祥,邓振镛.中国西北地区近 43 年降水资源变化对农业的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):179—184.

[10] 刘德祥,董安祥,薛万孝.气候变暖对甘肃农业的影响[J].地理科学进展,2005,24(2):49—57.

[11] 刘德祥,赵红岩,董安祥.气候变暖对甘肃夏秋季作物种植结构的影响[J].冰川冻土,2005,27(6):806—811.

[12] 伏 洋,张国胜,颜亮东.气候变化对青海省种植业的影响及适应对策[J].中国农业气象,2004,25(3):11—14.

[13] 宋艳玲,张 强,董文杰.气候变化对新疆地区棉花生产的影响[J].中国农业气象,2004,25(3):15—20.

[14] 杨小利,尹 东.近 50 年平凉地区气候变化及其对农业生产的影响[J].气象,2001,27(5):16—18.

Impact of the variation of different intensity precipitation days on arid disaster in Gansu Province

LI U De xiang¹, BAI Hu zhi¹, LI ANG Dong sheng², NI NG Hui fang¹

(1. *Institute of Arid Meteorology of China Meteorological Administration , Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province , Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA , Lanzhou , Gansu 730020, China ; 2. Lanzhou Regional Climate Center , Lanzhou , Gansu 730020, China*)

Abstract : Based on the precipitation data of 60 meteorological stations between March ~ October in Gansu Province from 1961 to 2004, rainfall and days of light rain , moderate rain , heavy rain , torrent rain and times of successive rain days in March ~ October were calculated , and response of arid meteorological disaster to variation of different intensity precipitation days were analyzed . The results are as follows : there has been a decrease in rainfall , days of light rain , moderate rain , heavy rain and torrent rain , and times of successive rain , while the drought area and the grain reduction have increased ; rainfall and moderate rain days and times of successive rain have a much closer negative correlation with drought area and grain reduction than light rain and heavy rain do . Decreases of successive rain times and moderate rain days are important factors that enlarged the drought area and resulted in a considerable decrease in grain production .

Key words : precipitation intensity ; arid meteorological disaster ; grain yield ; Gansu Province

(上接第 195 页)

Study on structure and reasonable utilization of land resource in the gully area of Loess Plateau

ZHANG Xi biao

(1. *Longdong University , QingYang , Gansu 745000, China ; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau , Institute of Soil and Water Conservation , Chinese Academy of Science , Yangling , Shaanxi 712100, China*)

Abstract : Based on the land style quality structure , quantity structure , spatial structure and land use structure , the land structure and its characters in the gully area of Loess Plateau were analyzed . The results indicated : the ridge projection slope land , gully slope land and groove land were the main land use style , which account for 75.16% of the total land area ; The total land quality is not very good , the grassland , farmland and forestland account for 44.45% , 23.47% and 18.51% of the total land area , respectively ; The spatial distribution of land style showed stratification , inlaid and non uniformity ; The ratio among farmland , forestland and graze land was 1.5:1:2. The land structure was very instable because of farmland resource shortage , forestland degradation and pastureland desertion , so the regulation of land use structure and reasonable development are very necessary for ensuring the sustainable development of the land structure .

Key words : land style ; land resource ; land structure ; land use ; Longdong region ; Loess Plateau