

气候暖干化对环县土壤贮水量的影响

毛玉琴^{1,2}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 庆阳市气象局, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要:通过对干旱半干旱区环县近 38 年(1971~2008)来的气温、降水分析发现,环县气候暖干化明显,年平均气温增高,增幅为 0.0385℃/a,增温幅度远高于全国近 40 年增温幅度(0.004/a);气温年代变化以 80 年代到 90 年代上升幅度最大;季节变化以春季、冬季增温最为显著,夏季、秋季增温缓慢。年降水量呈略减趋势,逐月降水量变化不一致,6 月、9 月降水量呈显著增加,7 月、11 月呈显著减少,其它各月正常或略减变化;年代变化,70 到 80 年代呈现增加,80 到 90 年代减少,90 到 2000 年来呈现增加;从 80 年代以来,春季降水呈显著减少,表明春旱明显,夏季、秋季和冬季的降水随年代不同有增有减,变化趋势不一。近 26 年(1983~2008)来,0~100 cm 土壤贮水量呈升高趋势变化,年增幅为 0.5586 mm/a。其中,春季和秋季呈递增变化,增幅分别为 0.941 mm/a、0.5164 mm/a;夏季呈现减少趋势;不论是在干旱年、多雨年、或是不同年代情况下,一年中土壤贮水量的低值区总是出现在作物旺盛生长时期的 6 月份,而高值区总是出现在秋季,而不是出现在降雨量最多的夏季;气候暖干化对耕作层 30 cm 以上土壤贮水量影响明显,年景不同,土壤贮水量差异较大。

关键词:气候暖干化;环县;趋势;土壤贮水量

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0127-06

甘肃环县属于干旱半干旱地区,年平均降水量为 407 mm,灌溉条件较差,农牧业的生产发展主要靠大气降水,因此受气候影响较大,最为主要的是农作物和牧草的生长期降水分配极为不均,水分成了农业产量高低的主导因素,而大气降水对农作物的贡献,主要以土壤水分供应为主,因此,研究土壤贮存水分变化对农业生产发展很有必要^[1,7]。目前,关于气候变化对作物发育期、作物种植结构调整和作物布局等方面研究的成果较多,也提出了行之有效的农业技术措施和生产建设^[8,11],但对于气候暖干化对土壤贮水量影响方面研究的内容还较少,本文旨在分析本区主要气候因素——温度、降水变化规律,同时较为详细地分析了 0~100 cm 土壤贮水量变化特征,以及气候暖干化对土壤贮水量的影响,掌握气候暖干化条件下本区的农业气候特点和土壤贮水量变化规律,揭示当地农业生产中受气候影响的关键时段和主要气象灾害问题,较好地为本区农业生产经营单位和个人提供及时、优质的气象服务,同时也为农业管理部门和党政部门正确决策提供合理化建议,达到趋利避害,增产增收的目标。

1 资料来源及方法

土壤含水量(%)、土壤贮水量(mm)资料序列从 1983 到 2008 年,共 26 年,气象资料序列为 1971~2008,共 38 年,气象资料和土壤水分资料均来源于环县气象局。土壤水分测定时段为土壤解冻的 3 月上旬至土壤冻结的 11 月下旬。采用土钻法进行土壤含水量的测定。每旬 8 日测定(每月分 8 日、18 日、28 日),测定深度为 100 cm;土壤含水量(%)计算方法为:(湿土重-干土重)/干土重×100%;土壤贮水量(mm)计算方法,土壤含水量(%)×土壤容重×土层厚度。将上述所有资料利用回归统计方法进行分析计算。

2 近 38 年温度、降水变化特征

2.1 平均气温变化特征

2.1.1 年月变化 通过对环县 1971~2008 年的平均气温和年代线性相关分析发现,38 a 来平均气温随年代呈上升趋势,如图 1 所示,年平均气温上升幅度为 0.0385℃/a,各月平均气温也呈上升趋势,如表 1 所示,增温幅度最大的是 2 月份,增幅为 0.0733

收稿日期:2009-05-07
基金项目:国家级行业专项“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征及其预警和应对技术”(GYHY200806021)
作者简介:毛玉琴(1964—),女,甘肃山丹县人,工程师,主要从事农业气象应用研究。E-mail:·zysdnyq@163.com。

℃/a;增幅最小的是 8 月和 10 月,增幅为 0.0101 和 0.0166℃/a;其它各月平均气温增幅为 0.0405~0.0535℃/a。

2.1.2 年代、季变化 表 2 计算了各年代和 38 年来各月平均气温。从表中可以看出,从 20 世纪 70 年代开始,年代间年平均气温持续上升,上升幅度最大的是 80 年代到 90 年代,上升幅度达 0.6℃/10a。80 年代到 90 年代,除元月份和 10 月份温度比较稳定,其余各月温度均呈上升趋势;从 70 年代开始,各年代间 1 月、2 月、5 月温度持续上升,表明冬季和春末变暖比较明显。

表 1 环县 1971~2008 年月、年平均增温(℃/a)

Table 1 Change of monthly and annual average temperature in Huanxian from 1971 to 2008

时间 Time	1 月 January	2 月 February	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	12 月 December	全年 Annual
增幅 Increase	0.0288	0.0733	0.0535	0.0367	0.0526	0.0321	0.0306	0.0101	0.0363	0.0166	0.0341	0.0504	0.0385

表 2 环县各年代各月平均气温(℃)

Table 2 Monthly average temperature (℃) in Huanxian from 1971 to 2008

年代 Times	1 月 January	2 月 February	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	12 月 December	均值 Mean
1971~1980	-6.8	-3.4	3.5	10.8	15.7	20.5	22.1	20.9	14.9	8.8	1.6	-5.1	8.6
1981~1990	-6.1	-3.1	3.1	10.6	16.3	20.1	22.2	20.4	15.3	9.2	1.3	-4.6	8.7
1991~2000	-6.1	-1.9	4.1	11.4	16.6	20.6	22.8	20.9	16.2	8.8	1.9	-3.9	9.3
2001~2008	-5.7	-1.1	5.1	11.7	17.3	21.5	23.1	21.1	15.5	9.2	2.4	-4.3	9.7
1971~2008	-6.2	-2.5	3.9	11.1	16.4	20.7	22.5	20.8	15.5	9.0	1.8	-4.5	9.1

从温度变化的季节特点分析,冬季温度持续上升,其中 70 年代到 80 年代和 80 年代到 90 年代升温较快,达到 0.5~0.6℃/10a,70 年代到 2000 年以来的近 38 年,冬季气温上升了 1.5℃。70 年代到 80 年代,春季气温比较平稳,80 年代以来春季气温上升比较快,其中 80 年代到 90 年代和 90 年代到 2000 年以来的近 8 年,达到 0.7℃/10a。

表 3 不同年代四季平均气温(℃)

Table 3 Seasonal average temperature in different years

时间 Times	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
1970 _s	-5.1	10.0	21.2	8.4
1980 _s	-4.6	10.0	20.9	8.6
1990 _s	-4.0	10.7	21.4	8.9
2000 年以来 Since 2000	-3.6	11.4	21.9	9.1

夏季温度变化和气候变暖趋势表现出一定的不

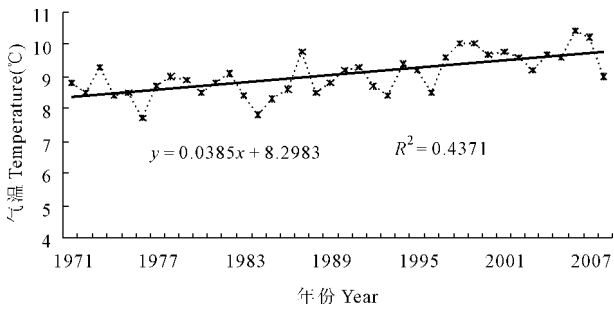


图 1 环县历年平均气温变化

Fig.1 Changes of annual average temperature in Huanxian in the past years

一致性,70 年代到 80 年代呈下降趋势,下降速度为 0.3℃/10a,80 年代到 90 年代呈快速上升趋势,升温幅度达 0.5℃/10a,90 年代以来夏季气温增幅为 0.5℃/10a。秋季温度 70 年代到 80 年代比较稳定,80 年代到 90 年代上升 0.3℃/10a,90 年代以来秋季气温也呈上升趋势。

2.2 降水变化特征

2.2.1 年、月变化 近 38 年来环县年降水量呈略减趋势,如图 2 所示,降水量减幅为 0.0062 mm/a,年际间差异较大,降雨量最多的 1990 年(年降雨量 730.2 mm)和最少年份的 1997 年(年降雨量 277.2 mm)相差达到 453 mm。逐月降水量变化不一致,有增有减,但总趋势和年降水量变化趋势相似,呈略减趋势。如图 3 所示,其中 6 月、9 月降水量呈显著增加,增幅分别为 0.5516 mm/a、0.1575 mm/a,7 月、11 月份呈显著减少,减幅分别为 0.3156、0.3059 mm/a,3 月、4 月、5 月略有减少,其它各月正常。

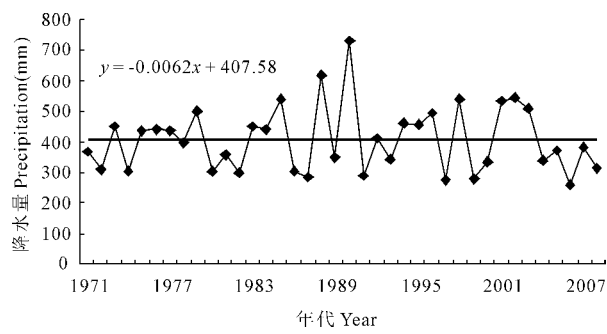


图 2 环县历年年降水量

Fig.2 Annual precipitation in Huanxian in the past years

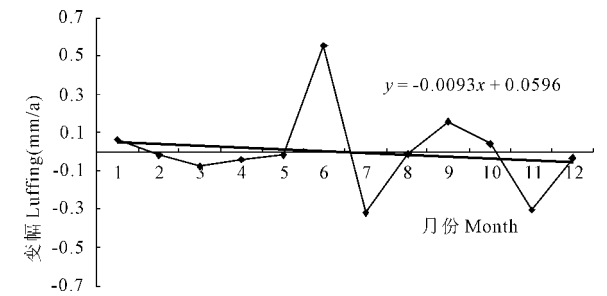


图 3 环县 38 年平均各月降水量变幅

Fig.3 Amplitude of changes of monthly average precipitation in Huanxian in 38 years

2.2.2 年代、季变化 表 5 显示,70 年代到 80 年代

降水量增加了 41.7 mm,80 到 90 年代减少了 49.0 mm,90 年代到 2000 年又增加了 16.3 mm,降水量年代之间呈现“增加、减少、增加”变化趋势。各年代以 9 月份降水量变幅最大,80 年代到 90 年代减少了 28.2 mm,而 90 年代到 2000 年又增加了 46.5 mm。从降水量季节变化分析,如表 4 所示,春季降水量变化为:70 年代到 80 年代呈显著增加趋势,从 80 年代到 2000 年以来呈显著减少,表明春旱明显;夏季降水变化为,70 到 80 年代呈增加趋势,从 80 年代以来呈现减少趋势;秋季降水量从 70 年代到 90 年呈减少趋势,从 90 年代到 2000 年以来呈显著增多,增幅达到 38.3 mm;冬季降水量从 70 到 80 年代变化较小,80 到 90 年代呈减少趋势,90 年代到 2000 年来呈现增多趋势。

表 4 不同年代四季降水量(mm)

Table 4 Seasonal precipitation in different years

时间 Times	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
1970 _s	9.9	69.8	210.7	105.7
1980 _s	9.4	87.1	245.0	96.2
1990 _s	6.0	73.2	237.7	72.1
2000 年以来 Since 2000	11.6	70.8	214.3	110.4

表 5 环县各年代各月降水量(mm)

Table 5 Monthly precipitation in Huanxian

时间 Times	1 月 January	2 月 February	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	12 月 December	全年 Annual
1971~1980	2.5	4.4	12.0	21.4	36.3	34.0	90.9	85.8	63.7	29.5	12.6	3.1	396.1
1981~1990	1.9	5.4	13.0	24.5	49.6	67.0	90.6	87.4	61.4	25.9	8.9	2.3	437.8
1991~2000	2.4	2.5	13.2	20.3	39.7	52.9	97.9	86.9	33.2	32.9	6.0	0.9	388.8
2001~2008	4.3	4.0	8.2	23.7	38.9	58.8	61.5	94.0	79.7	27.2	3.6	3.3	407.1
1971~2008	2.7	4.1	11.8	22.4	41.2	52.9	86.5	88.2	58.4	28.9	8.0	2.3	407.5

3 土壤贮水量变化特征

3.1 土壤贮水量年际变化

从近 26 年环县土壤贮水量资料分析,0~100 cm 土壤贮水量随年代呈递增趋势(如图 4 所示),增幅为 0.5586 mm/a。而 38 年来环县年平均气温随年代呈递增变化、年降水量随年代呈略减变化,但相对的土壤贮水量呈增加趋势,这和气候暖干化趋势相反。

3.2 土壤贮水量年代、季变化

3.2.1 季节变化 春季增温明显,降水呈减少趋势,但春季土壤贮水量呈现增加变化(如表 6 和图 5 所示)。从 80 年代以来,环县地区春季气温增温幅度达到到 0.7℃/10a,春季降水量从 80 年代以来减

少了 6.3 mm,0~100 cm 土壤贮水量增加了 16 mm,增幅为 0.941 mm/a;很明显,春季气温升高、降水减

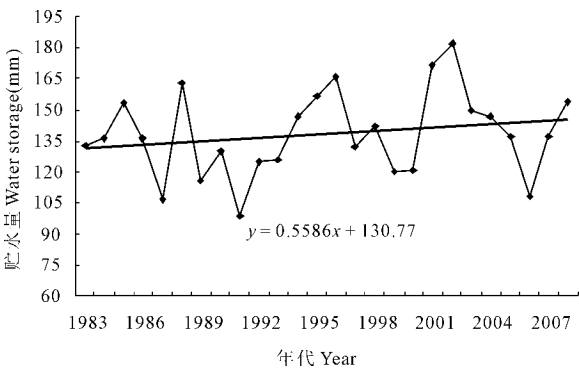


图 4 环县历年 0~100 cm 土壤贮水量

Fig.4 0~100 cm soil water storage in Huanxian in the past years

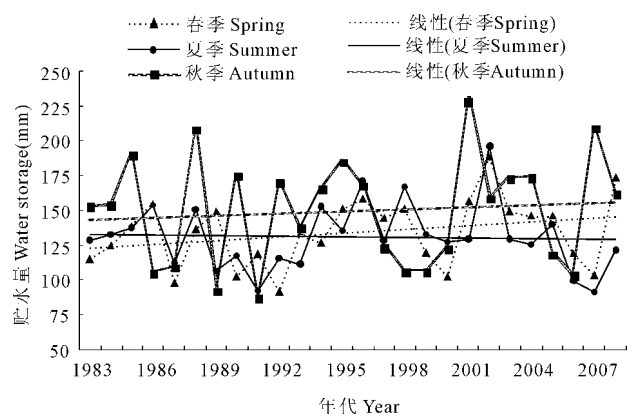


图 5 环县春季、夏季、秋季 0~100 cm 土壤贮水量
Fig. 5 0~100 cm soil water storage in spring, summer and fall in Huanxian in the past years

少,相应的土壤贮水量也应该处于减少变化,但是土壤贮水量呈现增加趋势,其主要原因是秋季降水增加,春季土壤解冻后,土壤反浆水作用结果,从而提高了春季土壤贮水量,减弱气候暖干化对土壤贮水量的影响效果。

表 6 不同年代、季节 0~100 cm 土壤贮水量(mm)
Table 6 0~100 cm soil water storage in different years and seasons

时间 Times	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	平均 Average
1980 _s	127	130	223	149
1990 _s	133	134	212	139
2000 年来 Since 2000	143	129	248	162

夏季、秋季气温不同程度的升高,而降水在不同年代有增有减,变幅较大,而土壤贮水量也呈现波动状态。夏季土壤贮水量变化和气候暖干化趋势表现不完全一致,其中 80 到 90 年代降水每 10 年减少了 7.3 mm,呈显著减少,气温每 10 年增加 0.5℃,而土壤贮水量每 10 年却增加了 4 mm,这与深层土壤水分向上输送有关。90 年代到 2000 年来,降水显著减少,由于气温明显升高,使得土壤贮水量也呈减少趋势,每 10 年减少了 5 mm;秋季土壤贮水量变化和降水变化趋势一致,80 到 90 年代降水量减少,土壤贮水量也减少,90 到 2000 年来降水呈显著增加,而土壤贮水量也呈显著增加。

3.2.2 逐月变化 如图 6 所示,从土壤开始解冻的 3 月份到 4 月份,不同年代的土壤贮水量处于增加趋势,而且达到一年的最高值。从 4 月份开始到作物旺盛生长的 6 月份,土壤贮水量逐步降到一年中的最低值,此期正是环县地区冬小麦抽穗乳熟,大秋

作物拔节生长期,是需水较多的时期,作物消耗的水分较多,而土壤剩余贮存水分也相对较少。从 6 月底开始处于不同程度的增加趋势,到 10 月份达到一年中的次高值,主要是此期冬小麦已经收获,而大秋作物处于即将成熟,耗水量减少,所以土壤处于贮存水分时期。从 10 月底开始到 11 月份,主要是秋播作物冬小麦处于冬前生长期,需消耗一定的水分,因此,土壤贮存水分呈缓慢下降趋势。只是年代不同增加和减少的幅度不同,以 2000 年以来的变化趋势最明显,呈现出 3 至 4 月为显著增加、5 至 6 月为显著减少、7 至 10 月为缓慢增加,10 至 11 月呈减少趋势。

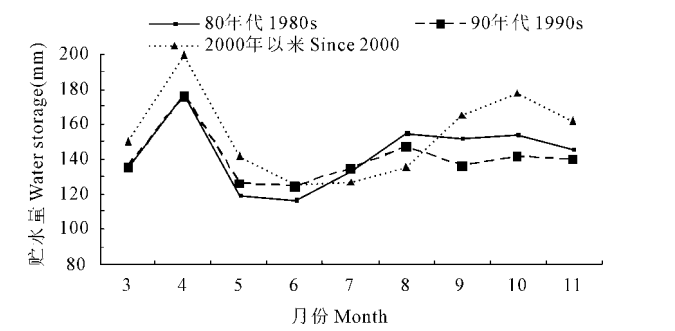


图 6 不同年代各月土壤贮水量
Fig. 6 Soil water storage in different months of different years

3.2.3 深度变化 图 7 所示,从不同年代土壤贮水量随深度变化来看,相同处为:变化趋势相同,低值区和高值区基本吻合,低值区位于土壤 10 cm 左右,而高值区位于 60 cm 处,10~60 cm 处于增加趋势,60 cm 以下处于减少趋势,也就是说,随深度增加土壤贮水量呈现缓慢减少,这进一步说明了随着气候变暖,土壤蒸发量在逐年增大,而土壤剩余贮存水分在逐年减少,所不同的是,不同年代降水量不同,土壤贮存水分的多少也不同。不同处为:80 年代和 90 年代的变化曲线基本相同,而 2000 年来的变化曲线的变幅较大,整个贮水量高于其它年代。

3.3 土壤贮水量年景变化
3.3.1 深度变化 在耕作层的 10~20 cm 以上的土壤贮水量变化(图 8 所示),不论是干旱年(1995)、多雨年(2003)或是历年平均值都呈增加趋势,所不同的是不同年景贮水量的多少不同,干旱年贮存水量 10 mm,多雨年 20 mm,历年土壤平均贮存水分在 13 mm 左右变化,很明显,干旱年与多雨年相比少贮存 10 mm 水分,与历年平均值相比少贮存 3 mm 左右。30~50 cm 之间,干旱年和多年平均值呈现增加趋势,而多雨年份呈减少变化。60 cm~100 cm,各个年景均呈下降趋势。

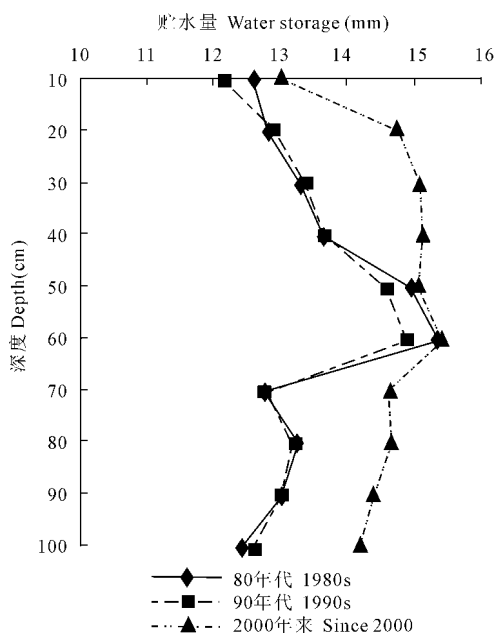


图 7 不同年代土壤贮水量随深度的变化
Fig.7 Soil water storage changes with the variation of depth in years with different precipitation

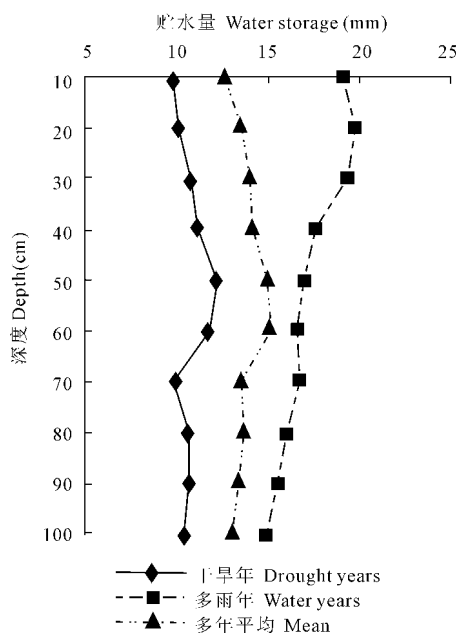


图 8 不同年景土壤贮水量随深度的变化
Fig.8 Soil water storage changes with the variation of depth in different years

3.3.2 逐月变化 通过计算,干旱年、历年平均和多雨年的 0~100 cm 土壤月平均贮水量分别为 114、145、177 mm,干旱年土壤月贮水量与历年值和多雨年的月贮水量相比分别偏少 27%和 55%,不论是干旱年、多雨年或多年平均情况,一年中土壤水分低值期都基本出现在早春的 3 月份和初夏的 6 月份左右,而高值期出现在 4 月和 9 月份,只是不同年景中土壤贮水量差异较大,如,干旱年的 9 月份只有 100 mm,而多雨年份高达 250 mm 以上。变化相同的是,从 3 月份到 4 月、7 到 8 月处于增加趋势,4 至 6 月和 10 月份以后土壤贮水量都呈减少趋势(见图 9)。

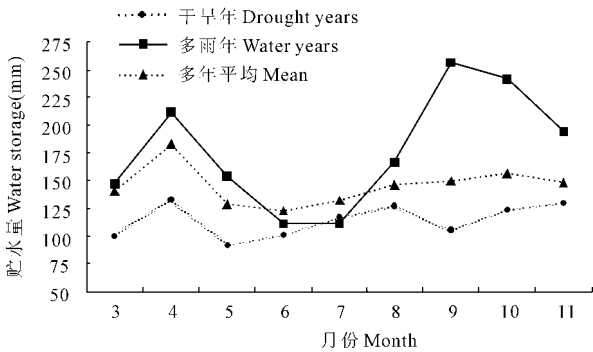


图 9 不同年景土壤贮水量逐月变化
Fig.9 Monthly soil water storage changes in years with different precipitation

因此,年景不同,0~100 cm 土壤贮水量差异较大,干旱年份土壤月平均贮存水分在 100 mm 左右,

与历年值和多雨年份相比,土壤月贮存水分平均偏少 27%~35.5%,年土壤贮存水分减少 300~420 mm,相当于本区的年降雨量,很明显,年降雨量的多少对土壤贮水量的影响较为显著。但是在不同年景中,一年中土壤贮水量最高的时期均为秋季,并不是降雨量最多的夏季,进一步验证了环县“麦收隔年墒”的科学论断,因此,在环县地区冬小麦生产过程中,秋季雨水的多少和土壤贮水量的高低对冬小麦的产量影响较大,如果秋季土壤贮水量高,不但来年冬小麦丰产,而且对春播工作非常有利。

4 结论与讨论

近 38 年来,环县气候变暖变干,增温幅度远高于全国近 40 年增温幅度(0.004℃/a),印证了西北地区东部是我国增温幅度较大的区域之一的论点。降水总趋势处于减少,而且变幅增大,最为突出的是春季降水显著减少,春旱加重;夏秋季降水波动较大,从 70 到 80 年代呈现增加趋势,80 到 90 年代呈现减少,90 年代到 2000 年来趋于增加。

26 年来 0~100 cm 的土壤贮水量呈现增加趋势,增幅为 0.4654 mm/a,在不同的年代春季土壤贮水量均呈下降趋势;夏秋季土壤贮水量波动较大,与气候变化和作物生长关系密切。从土壤贮水量的年变化来看,年代、年景不同,但是土壤贮水量的低值区主要出现在作物旺盛生长时期的 6 月份,而高值

区出现在作物生长较为缓慢的秋季,而不是出现在降水量较多的夏季。耕作层 30 cm 以上和 40~50 cm 处土壤贮水量受气候影响显著,变化剧烈,60 cm 以下主要受降水因素影响,变化较为缓慢。因此,从土壤贮水量的变化特征方面较好地预示了气候暖干化规律。气候暖干化对土壤深层贮水量的影响和气候要素与土壤贮水量变化的定量关系等工作有待今后去不断完善。

参考文献:

- [1] 赵演宁, 时兴合, 秦宁生, 等. 青海南部地区 40 多年来气候变化的特征分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 529—534.
- [2] 赵景波, 李瑜琴. 陕西黄土高原土壤干层对植树造林的影响[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 370—373.
- [3] 张玉宝, 谢中奎, 王亚军, 等. 黄土高原西部荒漠草原植被恢复

- 的土壤水分管理研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 574—579.
- [4] 刘德祥, 董安详, 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—185.
- [5] 郭海英, 马鹏里, 杨兴国, 等. 陇东黄土高原区冬小麦越冬期土壤水分损耗规律分析[J]. 土壤通报, 2005, 36(2): 165—168.
- [6] 徐 斌, 辛小平, 唐华俊. 气候变化对我国农业地理分布的影响及对策[J]. 地理科学进展, 1999, 18(4): 89—94.
- [7] 李瑜琴, 赵景波. 西安地区丰水年农田土壤含水量研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 78—81.
- [8] 雷水玲. 全球气候变化对宁夏春小麦生长和产量的影响[J]. 中国农业气象, 2001, 22(2): 22—36.
- [9] 韩永祥, 董安详, 王卫东. 气候变暖对中国西北主要农作物的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 179—185.
- [10] 张谋草, 赵满来, 等. 环县气象要素变化对冬小麦产量影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 52—235.
- [11] 熊 伟, 陶福禄, 许吟隆, 等. 气候情景下我国水稻产量变化模拟[J]. 中国农业气象, 2001, 22(3): 1—5.

Impact of climate change to soil pondage in Huanxian

MAO Yu-qin^{1,2}

(1. Institute of Arid-meteorology, CMA, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Qingyang Bureau of Meteorology, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract: The results of analysis of temperature and precipitation on arid and semi-arid Huanxian County in the past 38 years (1971~2008) show that there was a clear tendency of warming and drying there, and the annual average temperature increased with a rate of $0.0385^{\circ}\text{C}/\text{a}$, much higher than that of the nationwide rate of $0.004^{\circ}\text{C}/\text{a}$ in the past 40 years. The maximum temperature increase occurred in the 1980s and 1990s. For seasonal changes, we found significant warming in spring and winter, but slow warming in summer and autumn. The annual precipitation showed a slight decreasing trend, while the monthly precipitation varied, which increased significantly in June and September while decreased remarkably in July and November, and maintained normal or reduced slightly in other months. The precipitation increased from 1970s to 1980s, decreased from 1980s to 1990s, and increased again from 1990s to 2000. Since 1980s, the precipitation in spring decreased obviously and resulted in spring drought, while it in other three seasons showed no uniform changing tendency, increasing or decreasing in different period of years. In the past 26 years (1983~2008), 0~100 cm soil water storage showed an increasing trend, with an annual growth rate of $0.5586\text{ mm}/\text{a}$. Among them, it increased in spring and fall, with the increasing rate of $0.941\text{ mm}/\text{a}$ and $0.5164\text{ mm}/\text{a}$ respectively, while it decreased in summer. No matter in dry years or wet years, or in different period of years, the minimum amount of soil water storage always appeared in June when the crops grew vigorously, while the maximum amount always appeared in fall, rather than in the wettest summer. The warming and drying tendency of climate had obvious impact on 0~30 cm soil water storage, which varied much in different years.

Keywords: warming and drying tendency of climate; Huanxian; trend; soil water storage