

气候变化对内蒙古兴安盟半干旱农区土壤水分的影响

唐红艳¹, 么文¹, 尹肖飞²

(1. 内蒙古兴安盟气象局, 内蒙古 乌兰浩特 137400; 2. 兴安盟突泉县气象局, 内蒙古 突泉 137500)

摘要: 根据兴安盟重点农区突泉县 1961~2006 年气象资料和 1982~2006 年土壤水分资料, 采用统计及相关分析方法, 分析了近 46 年来气候变化及其对当地主要农区土壤水分的影响, 以及未来气候变化将对土壤水分的可能影响。结果表明, 近 46 年来, 内蒙古兴安盟半干旱农区温度呈上升趋势, 21 世纪以来有加速升温的趋势; 降水量变化趋势不明显, 存在年代间差异和季节差异, 但 21 世纪以来降水量减少趋势明显; 近 25 年来各季节土壤水分呈下降趋势, 并且有加速下降的趋势。环境气象因子对土壤水分的影响以温度和降水量的影响最明显, 春季以温度的影响为主, 而夏、秋季以降水量的影响为主导。未来气候变化将导致兴安盟半干旱农区土壤水分趋于减少, 农业干旱将趋于严重, 农业水资源将更加紧张。

关键词: 气候变化; 土壤水分变化; 兴安盟半干旱农区

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0130-05

近几十年来, 在全球气候变暖的大背景下, 各地区气候都发生了变化, 作为对气候变化较敏感的环境因子之一的土壤水分必然相应发生变化。气候变化给农业、水资源、生态环境等带来了诸多影响, 各地学者针对农田^[1~4]、草地^[5]、荒漠^[6]等不同植被类型的土壤水分变化规律进行了深入研究。内蒙古东部作为自治区的粮食主产区, 也是国家的重要商品粮生产基地, 但目前还没有研究内蒙古东部半干旱农区气候及其对土壤水分变化影响的文献。内蒙古兴安盟属于半干旱易旱雨养农作区, 土壤水分来源主要依靠大气降水, 水分条件是限制该区农业高产、稳产的主要因素。当农田土壤水分含量充足时, 农作物生长发育旺盛, 农业产量高且有利于生态环境的恢复和改善; 相反, 当农田土壤水分含量不足时, 易发生干旱, 农作物生长发育和产量以及生态环境都会受到很大影响。本文分析了内蒙古兴安盟半干旱农区气候及土壤水分变化特征, 揭示了气候变暖背景下农田土壤水分动态变化规律, 为科学、合理、高效利用农业水资源以及农业可持续发展提供科学依据, 对促进当地农业经济的发展、生态环境的改善以及防御干旱等自然灾害都具有重要意义。

1 研究区概况、资料来源与研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于内蒙古自治区东北部的兴安盟(44°14'—47°39' N, 119°28'—123°38' E), 地处大兴安岭中段的浅山丘陵区, 行政区域包括 6 个县级单

元, 总土地面积 598.06 万 hm^2 , 农作物播种面积 72.03 万 hm^2 , 占总土地面积的 12%, 粮食总产量达到 20 亿 kg 左右。除境内西北部的阿尔山市为林区外, 其他 5 个县市基本以农业生产为主。该区属于中温带大陆性季风气候, 农区年平均气温 2.5~6.3°C, 年降水量 350.3~485.5 mm, 蒸发量 1 591.1~2 045.9 mm, 无霜期 110~142 d, 光照充足, 雨热同季, 适宜发展农业生产。该区属于半干旱易旱雨养农作区, 降水变率和水分径流量大, 农田土壤水分供需矛盾突出, 农业干旱易发、频发, 干旱是影响和制约兴安盟农业高产、稳产的主要农业气象灾害。该区种植的主要农作物为对土壤水分非常敏感的玉米和大豆。

1.2 资料来源与研究方法

气象资料采用内蒙古兴安盟突泉县气象局 1961~2006 年逐旬温度、降水量和蒸发量, 土壤水分资料采用突泉县农业气象观测站 1982~2006 年 3~11 月固定地段逐旬土壤重量含水率。四季的划分为: 春季 3~5 月, 夏季 6~8 月, 秋季 9~10 月, 冬季 11 月至次年 2 月。测定土壤水分深度为 50 cm, 每 10 cm 一层, 从春季土壤 0~10 cm 冻土层完全融化到冬季土壤冻结达到 10 cm 时结束, 期间每旬逢 8 测定, 冬季土壤冻结后停止观测土壤水分。将各旬土壤重量含水率转换成土壤相对湿度(重量含水率占田间持水量的百分比), 将 3~5 月各旬土壤相对湿度平均计算得出春季土壤相对湿度, 夏季、秋季土壤相对湿度计算方法以此类推。时段划分为:

收稿日期: 2008-06-14

基金项目: 2007 年中国气象局多轨道业务建设项目“东北地区生态与粮食安全监测评价预警系统”

作者简介: 唐红艳(1966—), 女, 辽宁建平县人, 高级工程师, 硕士研究生, 主要从事应用气象、气候对环境的影响研究。E-mail:

1961~1970 年、1971~1980 年、1981~1990 年、1991~2000 年、2001~2006 年分别为 60 年代、70 年代、80 年代、90 年代和 21 世纪初。气候对土壤水分的影响采用相关分析方法。

2 结果与分析

2.1 兴安盟半干旱农区近 46a 气候变化特征

2.1.1 温度变化特征

农区 1961~2006 年平均温度在波动中逐渐升高,年平均温度 46 a 上升了 1.0℃,平均升高 0.0217℃/a。四季平均温度的变化与年平均温度变化趋势基本一致(图略),都是在波动中上升的,其中以冬季升温趋势最明显,46 a 升高 1.9℃,平均升高 0.0413℃/a,其次是秋季和春季,46 a 升高 1.4℃和 1.3℃,分别升高 0.0304℃/a 和 0.0283℃/a,夏季升温最少,平均升高 0.0152℃/a(表 1)。

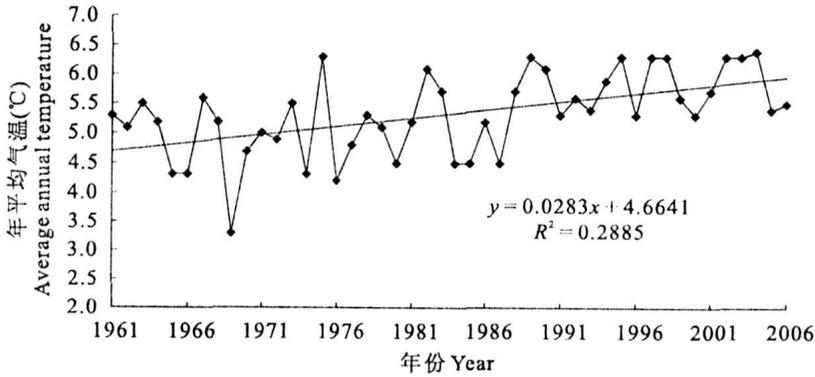


图 1 半干旱农区年平均气温变化

Fig. 1 The variance of average annual temperature

表 1 半干旱农区不同时段平均气温(℃)

Table 1 Average temperature in different period in semiarid agricultural area

年代 Decade	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	年平均 Annual average
1960s	6.3	21.3	10.0	-11.3	4.9
1970s	6.2	21.2	10.0	-10.5	5.0
1980s	6.9	21.3	10.2	-10.0	5.4
1990s	7.1	21.6	10.5	-9.8	5.7
21 世纪初 The beginning of 21st century	7.6	22.0	11.4	-9.4	5.9
46 年温度升高 Temperature rising in 46a	1.3	0.7	1.4	1.9	1.0
平均每年升高 Average annual temperature rising	0.0283	0.0152	0.0304	0.0413	0.0217

由表 1 可见,与 20 世纪 60 年代相比,70 年代除冬季温度略有升高,秋季温度没有变化外,春季和夏季温度均略有下降。而 80 年代、90 年代和 21 世纪初与上个年代相比,各季节温度都在升高,而且升温幅度越来越大。21 世纪初与 20 世纪 90 年代相比,年平均温度升高 0.2℃,其中春季温度升高 0.5℃,夏季温度升高 0.4℃,秋季温度升高 0.9℃,冬季温度升高 0.4℃,均超过 80 年代较 70 年代、90 年代较 80 年代的升温幅度,说明进入 21 世纪以来,温度有加速上升的趋势。

2.1.2 降水量变化特征

由图 2 可见,1961~2006 年兴安盟半干旱农区年降水量变化趋势不明显,5 阶多项式拟合未通过显著性检验,说明降水量的波动是气候自然波动的结果。1972 年之前为降水量缓慢减少阶段,平均降水量为 365.1 mm,1973~1994 年为降水量缓慢增加阶段,平均降水量为 431.4 mm,1995 年至今又进入降水量缓慢减少阶段,平均降水量为 357.2 mm。尤其进入 21 世纪以来,降水量减少速度加快。分析 46 a 降水量变化结果(表 2)表明,年降水量和各季节降水量年代间差异明显,其中以 21 世纪变化趋势最明显。21 世纪初与 20 世纪 90 年代相比,无论是年降水量还是各

季节降水量都在明显减少,年降水量由 90 年代的 444 mm 减少至 21 世纪初的 328.1 mm,减少 115.9 mm,春季降水量减少 26.9 mm,秋季降水量减少 19 mm,夏季降水量减少 71.2 mm,冬季降水量减少 0.4 mm。其中以春季降水量减少幅度最大,达到

52%,其次是秋季和夏季,减少幅度分别为 36%和 22%,冬季降水量只减少 5%。说明 21 世纪以来,降水量减少趋势明显,干旱有加重的趋势,尤其春季干旱加重趋势更加明显。

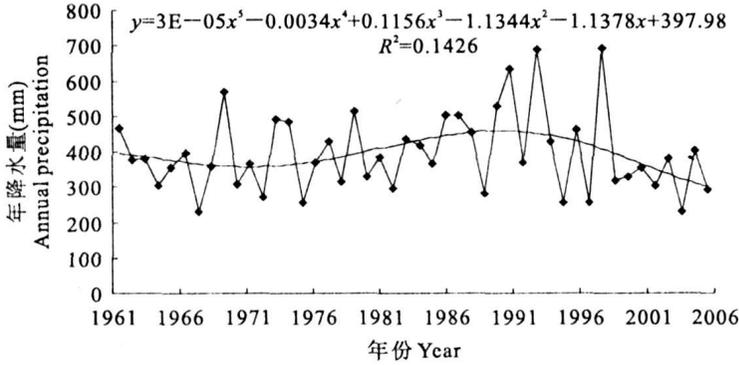


图 2 半干旱农区年降水量变化

Fig.2 The annual precipitation variance in semiarid agricultural area

表 2 半干旱农区不同时段平均降水量(mm)

Table 2 Average precipitation in different period in semiarid agricultural area

年代 Decade	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	年平均 Annual average
1960s	33.3	292.2	42.5	6.3	374.2
1970s	39.1	289.6	48.3	5.8	383.0
1980s	50.4	319.0	41.1	7.6	417.9
1990s	51.3	331.9	52.8	8.4	444.0
21 世纪初 The beginning of 21st century	24.4	260.7	33.8	8.0	328.1
21 世纪初与 1990s 相比 Comparison between 1990s and the beginning of 21st century	-26.9	-71.3	-19.0	-0.4	-115.9
减少程度 Percentage of precipitation decline	52%	22%	36%	5%	26%

2.2 兴安盟半干旱农区近 25 a 土壤水分变化特征

2.2.1 土壤水分年内变化特征 分析 1982~2006 年逐旬土壤相对湿度变化情况,结果(图 3)表明,年内土壤水分变化呈双峰型。春季土壤解冻后由于冻融作用土壤水分缓慢增加,到 5 月上旬达到第一个峰值;之后随着气温的快速升高,蒸发加剧,加之作物出苗吸收土壤水分,导致土壤水分呈下降趋势;6 月中旬开始,随着降水量的积累和增加,土壤水分迅速增加,7 月上旬达到最大值;之后随着作物需水量的增加,土壤蒸发的加剧,土壤水分呈持续下降趋势,入冬后的 11 月上旬土壤水分略有升高,之后土壤冻结停止观测。

2.2.2 土壤水分年代间变化特征 将 20 cm 土壤相对湿度按季节进行年代间分析,结果(图 4)表明,近 25 年来,无论是春季、夏季还是秋季土壤水分都呈下降趋势。其中以春季土壤水分下降速度最快,25 年下降 13%,其次是秋季,下降 10%,夏季土壤水分下降 5%(表 3)。20 世纪 90 年代与 80 年代相比,春、夏、秋季土壤水分分别下降 4%、3%和 5%,而 21 世纪与 20 世纪 90 年代相比,春、夏、秋季土壤水分分别下降 9%、2%和 5%。说明进入 21 世纪以来,春季土壤水分有加速下降的趋势,夏季土壤水分下降趋势趋缓,而秋季土壤水分下降趋势没有变化。

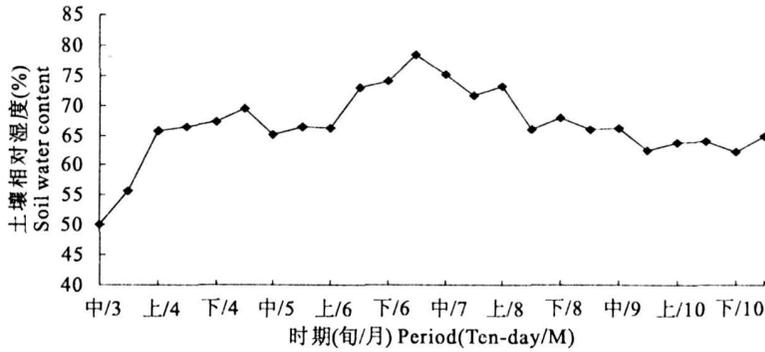


图 3 土壤水分年内变化规律

Fig. 3 The annual variance pattern of soil water content

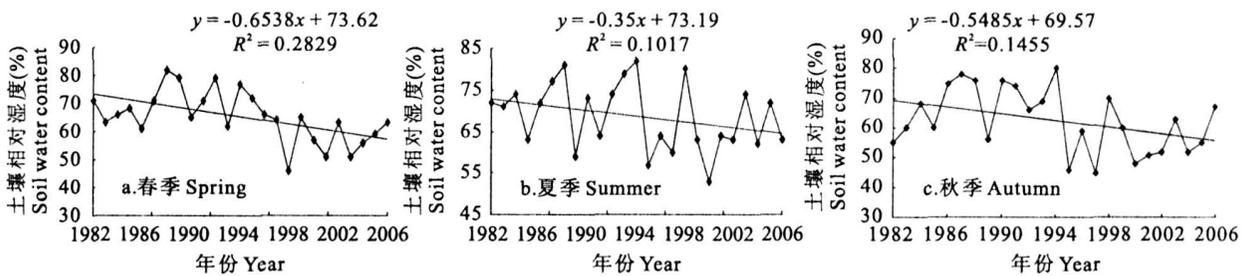


图 4 半干旱农区土壤水分年际变化

Fig. 4 The soil water content variance in different years

表 3 各年代不同季节平均土壤相对湿度(%)

Table 3 Average soil water content in different seasons in each decade

年代 Decade	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
1980s	70	71	67
1990s	66	68	62
21 世纪初 The beginning of 21st century	57	66	57
1990s 与 1980s 相比 Comparison between 1980s and 1990s	-4	-3	-5
21 世纪初与 1990s 相比 Comparison between 1990s and the beginning of 21st century	-9	-2	-5
25 年总体变化趋势 General variance trend of 25a	-13	-5	-10

水分的相关分析结果(表 4)表明,土壤水分与温度呈负相关,而与降水量呈正相关。

由表 4 可见,在春、夏、秋季的温度和降水量中,夏季降水量对夏、秋季的土壤水分影响达到极显著水平,说明夏季降水量直接补充土壤水分的作用非常大,其次是秋季降水量对本季土壤水分的影响和春季温度对本季土壤水分的影响,都通过了 0.05 显著水平,而春季降水量以及夏、秋季温度对本季土壤水分的影响均未通过相关检验,说明它们不是主要影响因子。由此可见,各季节影响土壤水分的关键气象因子不同,春季影响土壤水分的关键因子是温度,即温度越高土壤水分含量越低,夏、秋季降水量是影响土壤水分的关键因子,即夏、秋季降水量越多土壤水分含量越高。

由表 5 可见,蒸发量与土壤水分呈明显负相关,与温度的影响相一致,即在其它因子相同的情况下,温度越高,蒸发量越大,土壤水分含量越低。其中以夏、秋季蒸发量对秋季土壤水分的影响最显著,均通过 0.01 极显著水平,夏季蒸发量对本季土壤水分的影响达到 0.05 显著水平,而春季蒸发量对土壤水分的影响不明显,因为蒸发是受温度、降水量、日照、风速等因子综合影响的结果。

3 气候变化对土壤水分的影响

土壤水分受土壤性质、地上作物种类以及环境气象条件的共同影响,而且以环境气象条件的影响最大。温度通过影响蒸发而间接影响土壤水分,温度越高蒸发越强烈,土壤水分散失越多。而降水量是通过渗入土壤直接补充土壤水分,因此降水量越多土壤水分含量越高。各季节温度和降水量与土壤

表 4 各季节温度、降水量与土壤水分的相关分析

Table 4 The correlation analysis of temperature, precipitation and soil water content in each season

土壤水分 Soil water content	春季温度 Temperature in spring	春季降水量 Precipitation in spring	夏季温度 Temperature in summer	夏季降水量 Precipitation in summer	秋季温度 Temperature in autumn	秋季降水量 Precipitation in autumn
春季 Spring	-0.4768 *	0.2476	—	—	—	—
夏季 Summer	-0.0045	0.2582	-0.3525	0.6626 **	—	—
秋季 Autumn	-0.1850	0.1474	-0.4385 *	0.6798 **	-0.0301	0.4846 *

注: ** 和 * 分别表示通过 0.01 和 0.05 信度的显著性检验。下表同。

Note: ** and * mean respectively significant difference at $\alpha=0.01$ level and significant difference at $\alpha=0.05$ level. They are the same in the following table.

表 5 各季节蒸发量与土壤水分的相关分析

Table 5 The results of correlation analysis of evaporation and soil water content in each season

土壤水分 Soil water content	蒸发量 Evaporation		
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
春季 Spring	-0.2961		
夏季 Summer	-0.0337	-0.4850 *	
秋季 Autumn	-0.1649	-0.5808 **	-0.5859 **

年上升了 1.0°C , 四季中以冬季增温趋势最明显, 平均升高 $0.0413^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 其次是秋季和春季, 分别升高 $0.0304^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 和 $0.0283^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 夏季增温幅度最小, 平均升高 $0.0152^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 21 世纪以来温度有加速上升的趋势。

2) 内蒙古兴安盟半干旱农区 46 年来降水量变化趋势不明显, 存在年代间差异和季节差异。进入 21 世纪以来, 无论年降水量还是四季降水量都在大幅度减少。与 20 世纪 90 年代相比, 春季降水量减少幅度最大, 达到 52%, 其次是秋季和夏季, 减少幅度分别为 36% 和 22%, 冬季降水量只减少 5%。说明 21 世纪以来, 降水量减少趋势明显, 干旱有加重的趋势, 尤其春季干旱加重趋势更加明显。

3) 内蒙古兴安盟半干旱农区 25 年来各季节土壤水分呈明显下降趋势, 其中以春季土壤水分下降速度最快, 25 a 下降 13%, 其次是秋季, 下降 10%, 夏季土壤水分下降 5%。21 世纪以来土壤水分有加速下降的趋势。

4) 环境气象因子对土壤水分的影响以温度和降水量的影响最明显, 春季以温度的影响为主, 而夏、秋季以降水量的影响为主导。

5) 未来北方地区升温幅度要高于南方, 即使北方地区降水量有可能增加, 北方地区农业干旱也将会加剧。因此, 未来气候变暖背景下, 兴安盟半干旱农区土壤水分状况将趋于变干, 农业干旱将趋于加重, 农业水资源将更加紧张。

参考文献:

- [1] 王锡稳, 王毅荣, 张存杰, 黄土高原典型半干旱区水热变化及其土壤水分响应[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 123-129.
- [2] 李树岩, 陈怀亮, 方文松, 等. 河南省近 20 年土壤湿度的时空变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 10-15.
- [3] 蒲金涌, 姚小英, 邓振镛, 等. 气候变化对甘肃黄土高原土壤贮水量的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(6): 1086-1090.

(下转第 139 页)

4 未来气候变化对兴安盟半干旱农区土壤水分的可能影响

4.1 未来气候变化

研究结果表明^[7], 中国未来 100 年的气温将持续升高, 而且北方的升温幅度要高于南方, 东北、内蒙古等地到 2099 年升温幅度可达 $6\sim 7^{\circ}\text{C}$, 远远高于南方地区 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 的升温幅度。而降水量的计算结果表明, 我国北方地区降水量增加, 而南方地区降水量将可能明显减少。未来气候将趋于变暖, 尤其是中高纬度地区冬、春季升温显著的趋势基本一致。

4.2 未来气候变化对兴安盟半干旱农区土壤水分的可能影响

根据“气候变化对农业影响及其对策课题组”研究结果^[8], 在其他气象要素不变的情况下, 未来的升温可能使北方地区的农田潜在蒸散量增加 $3\%\sim 5\%$, 即使未来降雨量有所增加, 北方地区农业干旱也将会加剧。邓惠平等研究结果表明^[9], 土壤有效水分全年各月份均有可能减少, 其减少程度因土壤类型、季节、坡度等而异。因此, 未来气候变暖情景下, 兴安盟半干旱农区土壤水分含量将趋于降低, 农业干旱将趋于加重, 农业水资源将更加紧张。

5 结论

1) 内蒙古兴安盟半干旱农区 46 年来年平均温度和各季节平均温度都呈升高趋势, 年平均温度 46

- [8] 吴军虎. 波涌灌间歇入渗水氮运移特性试验及数值模拟[D]. 西安: 西安理工大学, 2004.
- [9] 王文焰, 张建丰, 高 岩. 波涌灌溉在灌水方向上的入渗时间分布特征[J]. 西北水资源与水工程, 1995, 6(2): 23-26.

Experimental studies on effects of irrigation quota on water infiltration characteristics under intermittent infiltration of surge irrigation

YIN Juan¹, FEI Liang-jun², LI Xue-feng³, LU Hong-qin⁴

(1. College of Civil and Water Conservancy Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

3. Yanchi County Water Resources Bureau, Yanchi, Ningxia 751500, China;

4. Yuzhou District Water Resources Bureau, Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: Based on experiments of fertile solution infiltration, the main effects of irrigation quota on infiltration rate were studied with a 150cm groundwater table. The results indicate that the average infiltration rate reduces with the increase of the irrigation quota. The average infiltration reduction rate increases with the increase of the irrigation quota. The changing of the soil water content increases with the increase of the irrigation quota. The wetting front transport distance and the water entrance in the groundwater increase with the irrigation water quota increasing.

Key words: irrigation quota; surge flow irrigation; intermittent infiltration; infiltration rate; infiltration reduction rate.

(上接第 134 页)

- [4] 方文松, 陈怀亮, 刘荣花, 等. 河南雨养农业区土壤水分与气候变化的关系[J]. 中国农业气象, 2007, 28(3): 250-253.
- [5] 侯 琼, 乌兰巴特尔. 内蒙古典型草原区近 40 年气候变化及其对土壤水分的影响[J]. 气象科技, 2006, 34(1): 102-106.
- [6] 马海艳, 龚家栋, 王根绪, 等. 干旱区不同荒漠植被土壤水分的时空变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 231-234.
- [7] 王馥棠, 赵宗慈, 王石立, 等. 气候变化对农业生态的影响[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 6-10.
- [8] 气候变化对农业影响及其对策课题组. 气候变化对农业影响及其对策[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993.
- [9] 邓惠平, 祝廷成. 气候变化对松嫩草地水热条件及极端事件的影响[J]. 中国草地, 1999, (1): 1-6.

The influence of climate change to soil water content in semiarid agricultural area of Xing'an League, Inner Mongolia

TANG Hong-yan¹, YAO Wen¹, YIN Xiao-fei²

(1. Xing'an League Meteorological Bureau, Wulanhaote, Inner Mongolia 137400, China;

2. Tuquan County Meteorological Bureau, Xing'an League, Inner Mongolia 137500, China)

Abstract: Meteorology data from 1961 to 2006 and soil water content from 1982 to 2006 of Tuquan County, an important agricultural area of Xing'an League, were analyzed with statistics and correlation analysis to find out the influence of climate change to soil water content in 46 a in major local agricultural area and the probable influence of future climate change to it. The results indicated that the temperature showed a rising line in 46 a, while precipitation had no obvious change but showed decadal variance and seasonal variance, and the seasonal soil water content showed a declining line in 25 a and declined rapidly in the recent years. Among the environmentally meteorological factors, temperature and precipitation had the most obvious influence on soil water content, and temperature affected mostly in spring while precipitation in summer and autumn. In the semiarid agricultural area of Xing'an League, it may get increasingly dryer in the future, and agricultural drought would be more serious, and agricultural water resources would be more limited.

Key words: climate change; soil water content variance; semiarid agricultural area of Xing'an League

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>