

呼伦贝尔市土壤水分与气候变化的关系^{*}

王彦平,孟军,宋卫士,李学红,刘丽,赵慧颖

(内蒙古呼伦贝尔市气象局 气象卫星遥感中心,内蒙古 海拉尔 021008)

摘要:采用统计回归方法,利用基本代表呼伦贝尔市土壤类型的 3 个农牧业气象观测站 1988 - 2007 年的气象和土壤水分观测资料进行分析,结果表明:呼伦贝尔市年降水量变化呈显著或极显著下降趋势,年变化率为 8.275 ~ 10.347 mm/a,年平均气温上升趋势不明显;0 - 50 cm 土壤水分含量以 3.816 2 ~ 0.723 6 mm/a 速度逐年剧减,农区、林区达极显著水平,土壤干旱化程度加重;土壤水分含量与 4 - 10 月平均气温呈极显著负相关关系,与年降水量呈极显著正相关关系;气候变化对土壤水分的影响效应主要集中在夏秋季节,达到极显著水平。

关键词:呼伦贝尔市;土壤水分;气候变化

中图分类号:S152.7;P467

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)04-0255-04

Analysis on the Relationship Between Soil Moisture and Climate Change in Hulunbeier City

WANG Yan-ping, MENG Jun, SONG Wei-shi, LI Xue-hong, LIU Li, ZHAO Hui-ying

(The Weather Bureau, Hulunbeier City, Hailaer, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract: By Using statistical regression methods and analyzing soil moisture and weather data of 3 meteorological observation stations for agriculture and animal husbandry of Hulunbeier city from 1988 to 2007, results showed that annual precipitation of Hulunbeier city changes were decline trends significantly, annual change rate ranged 8.275 ~ 10.347 mm/a, the average annual temperature was not obvious on the rise. The soil moisture content of 0 - 50 cm soil depth declined sharply at the rate of 3.816 2 ~ 0.723 6 mm/a year by year, reaching to significant or very significant level in the agricultural area and forest area, soil drought degree increased. The soil moisture was negatively related to the temperature from April to October and positively related to the annual precipitation significantly. The effects of climate change on soil moisture concentrated in the summer and fall seasons, reaching significant levels.

Key words: Hulunbeier city; soil moisture; climate change

土壤水分是主要生态因子之一,是对气候因子变异最敏感的响应指标^[1],目前国内外有关土壤湿度与蒸散之间的关系、土壤湿度垂直演变的研究较多^[2-3],而研究气候变化对土壤水分影响的较少;而且多年来,土壤湿度监测和预测一直是气象部门的重要工作,但由于技术方法和手段落后,对土壤干旱的静态、动态的发生发展了解甚少,限制了生态气候服务产品的制作及生态气候服务的效果。为此,利用呼伦贝尔市农业气象和牧业气象观测站自 1988 年以来的土壤

水分测定资料和气象观测资料,试图通过研究气候条件(主要是气温、降水)与土壤水分的关系,达到用气温、降水的变化来评估土壤水分变化的目的,为农牧林业生产评估和气候评价提供依据。

1 资料来源及方法

1.1 资料来源

呼伦贝尔市位于北纬 47°05' - 53°20', 东经 115°31' - 126°04', 全市南北长 630 km, 东西宽 700

* 收稿日期:2009-02-05

基金项目:呼伦贝尔市科技攻关项目(20050105)

作者简介:王彦平(1974 -),女,内蒙古锡盟人,硕士,工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:fei-ping@sohu.com

通信作者:赵慧颖(1964 -),男,研究员,主要从事农业气象研究。E-mail:zhaohyy2008@yahoo.com.cn

km, 面积 $25.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 因此考虑到研究区域地域辽阔, 气候、生态类型复杂多样, 农牧业气象观测站点的地理分布、土壤类型的差异、土壤水分资料的连续性、完整性, 选用基本能代表呼伦贝尔市土壤类型的扎兰屯市(代表农区)、鄂温克旗(代表牧区)和额尔古纳市(代表林区)3个台站的固定地段(无灌溉)的土壤水分资料; 时间序列为 1988 - 2007 年; 土壤水分含量资料为逐旬(4 月上旬至 10 月下旬)测定, 深度为 0 - 50 cm, 每 10 cm 一个测量值, 每旬用 0 - 50 cm 土壤水分总贮存量合计值表示; 按照呼伦贝尔市气候区划的划分方法^[4], 年、季、旬气温、降水量气象资料农区选取扎兰屯市、阿荣旗和莫旗的平均值, 牧区选取满洲里市、新左旗、新右旗、陈旗和鄂温克旗的平均值, 林区选取额尔古纳市、根河、鄂伦春旗和牙克石市的平均值。

1.2 分析方法

针对呼伦贝尔市春季土壤解冻晚和秋季封冻早的特点, 在土壤各物理性质符合测定规范阶段, 将季节划分为: 4 - 5 月为春季, 6 - 8 月为夏季, 9 - 10 月为秋季, 由于本区域气候寒冷, 冬季土壤冻结厚度较大无法测定水分含量, 且冬季降水量对春季土壤水分含量的影响较为复杂, 因而在此不做研究。有关统计量的计算方法如下:

土壤水分含量的计算方法: 本文采用 0 - 50 cm 土壤水分总贮存量表示 0 - 50 cm 土壤中总的含水量, 计算公式如式(1)。

$$L_z = \sum h \times w \times 10 \quad (1)$$

式中: L_z ——土壤水分总贮存量(mm); \sum ——地段实测土壤容重(g/cm^3); h ——土层厚度(cm); w ——土壤重量含水率(%)。

气温、降水量及土壤水分年际变化趋势采用一元线性回归方程拟合, 方程形式如式(2)。

$$y = ax + b \quad (2)$$

式中: a 、 b ——回归系数, a 的数值和符号反映 y 上升或下降的变化值, 称之为变化率。

土壤水分和气候因子的关系采用多元线性回归方法分析。

2 结果与分析

2.1 气候变化特征分析

2.1.1 气温的变化趋势 由图 1 可以看出, 在全球气候变暖影响下^[5-6], 呼伦贝尔市年平均气温总体呈上升趋势, 农牧林区分别约以 $0.0274 \text{ }^\circ\text{C/a}$ 、 $0.0301 \text{ }^\circ\text{C/a}$ 和 $0.0054 \text{ }^\circ\text{C/a}$ 的速度上升, 农区、牧区均大于近 50 a 来全国的增温速度($0.0168 \text{ }^\circ\text{C/a}$)^[6], 但增温态势未达到

显著水平; 从趋势曲线可以看出, 农牧林区年平均气温均表现出一定的波动性, 高值区和低值区交替出现, 虽然突变不明显, 但近期处于峰值区域, 表现出该区域年平均气温逐年缓慢上升的趋势。

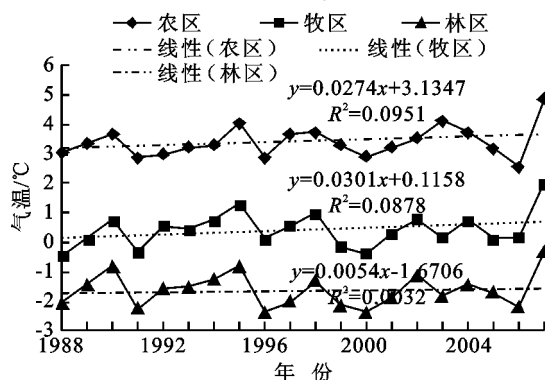


图 1 呼伦贝尔市年平均气温变化趋势

2.1.2 降水量的变化趋势

(1) 降水量年变化。由图 2 可以看出, 近 20 a 呼伦贝尔市年降水量变化呈明显下降趋势, 农牧林区分别约以 10.347 、 8.2745 、 9.356 mm/a 的速度下降, 其中牧区达显著水平($R = 0.5315$), 林区达极显著水平($R = 0.6271$), 体现了该区域降水量逐年减少的趋势; 从趋势曲线可以看出, 呼伦贝尔市年降水量在 1998 年达到峰值, 之后虽有波动, 但下降趋势更为明显, 波动性由大到小的顺序为农区 > 林区 > 牧区, 也说明年降水量变化较大的特点。

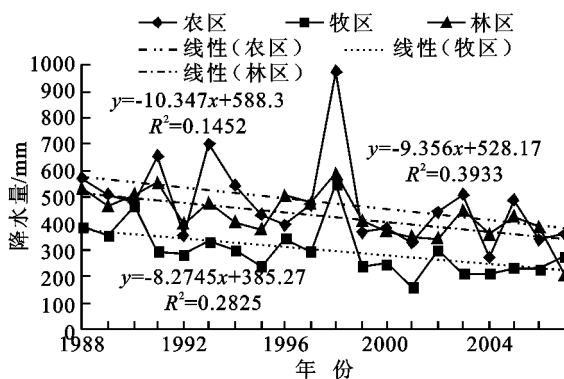


图 2 呼伦贝尔市年平均降水量变化趋势

(2) 降水量季变化。由表 1 可知, 自 1988 年以来, 农牧林区各季降水量变化不一, 冬春两季呈增加趋势。冬季农牧林区分别以 0.4775 、 0.6628 、 0.2856 mm/a 速度逐年增加, 且牧区达极显著水平($R = 0.5801$), 农区达显著水平($R = 0.5520$); 春季农区、林区年变化率有所加大, 牧区有所减小, 农牧林区分别以 1.3993 、 0.1186 、 1.2430 mm/a 速度逐年增加, 但均未达到显著水平; 夏秋两季呈减少趋势, 且夏季减少态势明显, 农牧林区分别以 8.5355 、 7.9801 、 8.5961 mm/a 速度逐年减少, 其

中牧区、林区均达到极显著水平 ($R = -0.5765$, $R = -0.6421$); 秋季降水量年变化率农牧林区分别以 $3.8010, 1.5734, 1.1490 \text{ mm/a}$ 速度逐年减少, 农区达极显著水平 ($R = -0.5992$); 由于本区域降水量集中于夏秋两季, 因此夏秋两季降水量的减少是造成年降水量减少的主要原因。

表 1 呼伦贝尔市各季降水量的年代变化特征

	农区		牧区		林区	
	年变化量/ $(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$	R	年变化量/ $(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$	R	年变化量/ $(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$	R
冬季	0.4775	0.5520 *	0.6628	0.5801 **	0.2856	0.2638
春季	1.3993	0.2093	0.1186	0.0480	1.2430	0.3657
夏季	-8.5355	-0.3415	-7.9801	-0.5765 **	-8.5961	-0.6421 **
秋季	-3.8010	-0.5992 **	-1.5734	-0.3933	-1.1490	-0.2302

注: **表示通过 $\alpha=0.01$ 的显著水平, *表示通过 $\alpha=0.05$ 的显著水平。

2.2 土壤水分变化规律

2.2.1 土壤水分年变化 由图 3 可见, 近 20 a 来, 呼伦贝尔市农牧林区 0 - 50 cm 土壤水分含量分别以 $4.8151, 0.7236, 3.8162 \text{ mm/a}$ 速度逐年减少, 其中农区、林区达极显著水平 ($R = -0.8147$ 和 $R = -0.8557$), 牧区下降趋势不明显; 农牧林区土壤水分变化趋势明显不同, 农区 1992 - 2001 年间处于快速下降状态, 2001 年后又有小的波动上升, 但仍然低于 20 世纪 90 年代土壤水分含量值; 林区在 1999 年之前变化较为平缓, 之后逐年急剧下降, 2007 年达最低值 64 mm ; 牧区在 1993 年前处于上升趋势, 达到最高 76 mm , 之后呈波动式下降趋势, 变化较平缓。说明呼伦贝尔市农、牧、林区土壤水分正在逐年减少, 土壤干旱化程度加重。

2.2.2 土壤水分年内变化 由图 4 可以看出, 农区土壤水分在春季土壤解冻后 4 月上旬出现最低值, 而后缓慢升高, 在 8 月下旬达到最高值, 之后又缓慢下降至土壤封冻; 而牧区土壤水分在春季土壤解冻后 4 月下旬出现最高值, 随着温度升高, 蒸发量加大, 土壤水分迅速下降, 在 6 月中、下旬达到最低值, 而后随着雨季的到来土壤水分又逐渐升高, 封冻前又有所下降; 林区在春季土壤解冻后 4 月上旬达到最低值, 之后缓慢上升, 5 月中旬达到一个高峰, 之

后缓慢下降, 雨季来临后又逐渐上升, 在封冻前 10 月下旬均达到最高值。可见该区春旱较为严重。

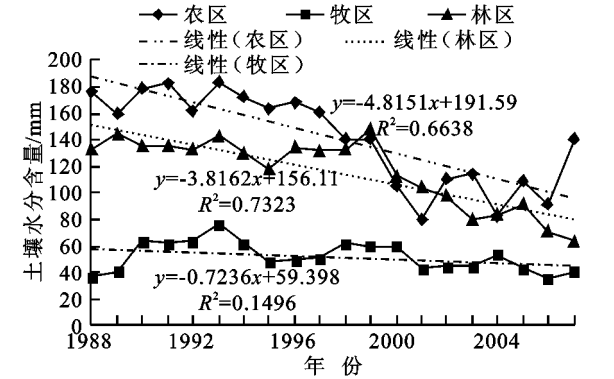


图 3 呼伦贝尔市 1988 - 2007 年 0 - 50 cm 土壤水分含量年变化趋势

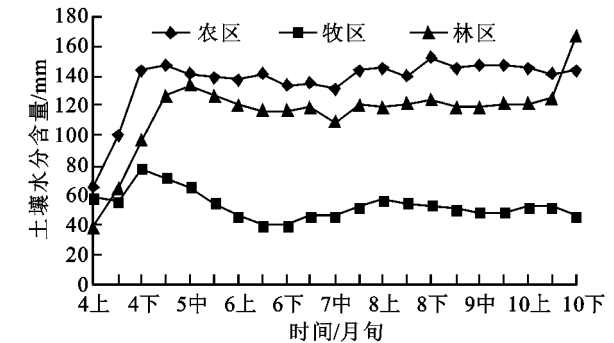


图 4 呼伦贝尔市 0 - 50 cm 土壤水分含量年内变化

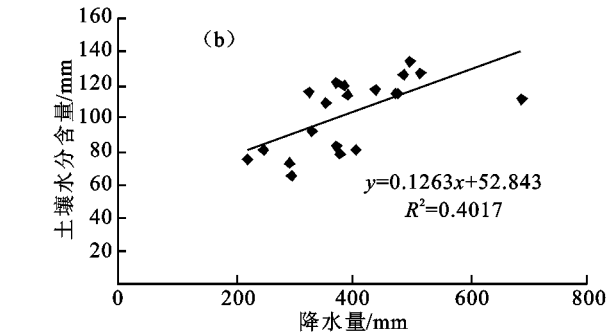
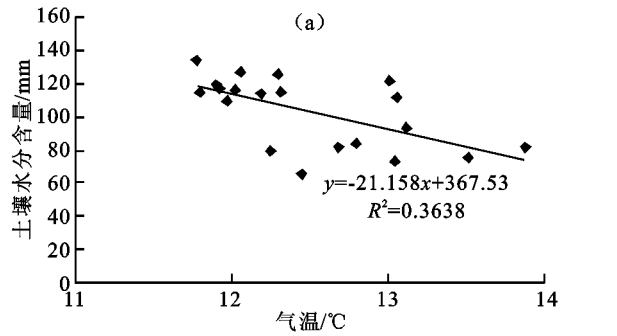


图 5 0 - 50 cm 土壤水分含量与气温(a)、降水量(b)的关系

2.3 土壤水分与气候变化的关系

2.3.1 土壤水分与气温、降水量的关系 温度通过影响蒸发而间接影响土壤水分, 温度越高蒸散越强

烈, 则土壤丢失水分越多^[5]。因此根据本区域气候特点和土壤水分测定实际情况, 选取 4 - 10 月的平均气温、年降水量分别与 4 月上旬至 10 月下旬 0 -

50 cm 土壤水分含量平均值做相关分析:图 5(a)显示,0-50 cm 土壤水分含量与 4-10 月平均气温呈极显著负相关关系($R = -0.6032$),即在春季土壤解冻后随着气温的升高,土壤水分逐渐减小,土壤水分随气温的变化率为 21.158 mm/℃;图 5(b)显示,0-50 cm 土壤水分含量与年降水量呈极显著正相关关系($R = 0.6338$),即全年降水量对土壤水分都有影响,包括土壤解冻前和封冻后的降水量,土壤水分随年降水量的增加而增加,变化率为 0.126 3 mm/mm。

表 2 呼伦贝尔市各季节土壤水分含量与季平均气温的关系

	春季		夏季		秋季	
	变化率(mm/℃)	R	变化率(mm/℃)	R	变化率(mm/℃)	R
农区	-5.3638	-0.1718	-32.2810	-0.6829**	-21.4920	-0.3387
牧区	-6.3422	-0.3628	-3.8072	-0.3789	-3.4016	-0.2010
林区	-0.1089	-0.0045	-15.9630	-0.5861**	-16.2390	-0.4798*

表 3 呼伦贝尔市各季节土壤水分含量与季降水量的关系

	春季		夏季		秋季	
	变化率(mm/℃)	R	变化率(mm/℃)	R	变化率(mm/℃)	R
农区	-0.0049	-0.0084	0.2616	0.7736**	0.9626	0.6768**
牧区	-0.0979	-0.1044	0.1090	0.6773**	0.5414	0.7283**
林区	-0.2724	-0.1480	0.2342	0.6827**	0.7093	0.5292*

注: ** 表示通过 $\alpha = 0.01$ 的显著水平, * 表示 $\alpha = 0.05$ 的显著水平。

表 2、表 3,分别分析了呼伦贝尔市农牧林区各季气温和降水量与土壤水分含量的相关性,可以看出各季气温和降水量对农牧林区土壤水分含量的影响有很大差异:总体上温度和降水量对土壤水分含量的影响效应集中在夏秋两季,气温与土壤水分含量呈负相关关系,降水量与土壤水分含量呈正相关关系;夏秋两季相比较,夏季的影响效应要大于秋季;夏季,农牧林区气温对土壤水分含量的影响变率分别为 32.281 0、3.807 2、15.963 0 mm/℃,农区、林区达极显著水平,农牧林区降水量对土壤水分含量的影响变率分别为 0.261 6、0.109 0、0.234 2 mm/mm,均达极显著正相关水平;秋季,农牧林区气温对土壤水分含量的影响变率分别为 21.492 0、3.401 6、16.239 0 mm/℃,且林区达显著水平,降水量对农牧林区的影响超过夏季,分别为农区 0.962 6、0.541 4、0.709 3 mm/mm,牧区达极显著水平,林区达显著水平。由于呼伦贝尔市农牧林区夏季降水占年降水量的 67.6 % ~ 70.5 %,降水的大幅增加,直接增加了土壤水分,远大于气温升高产生

的影响,虽然秋季降水量只占全年降水量的 13.5 % ~ 16.0 %,但随着降水的累积作用,土壤水分含量变化受降水的影响大于夏季。

2.3.2 土壤水分与综合气候变化的关系 为了分析气候变化对土壤水分影响,选取农牧林区 4 ~ 10 月平均气温(X_1)和年降水量的平均值(X_2)与各区域土壤水分含量平均值做复相关分析,所得结果列于表 4。由表 4 可见,呼伦贝尔市夏秋两季气候变化与土壤水分的相关关系非常显著,回归方程通过了($F = 0.01$)显著性检验,而春季回归方程未达到显著水平。在降水量不变的情况下,农、牧、林区土壤水分含量随气温升高的变化率,夏季分别为 24.92 mm/℃(减少)、0.80 mm/℃(略增)和 5.38 mm/℃(减少),秋季分别减少 23.27、5.78、15.81 mm/℃;在气温不变的情况下,农牧林区土壤水分含量随降水量增加的变化率,夏季分别增加为 0.04、0.12、0.18 mm/mm,秋季分别增加为 0.92、0.58、0.70 mm/mm。可见该区域气候变化对土壤水分的影响主要体现在夏秋两季。

表 4 呼伦贝尔市农牧林区各季土壤水分含量与综合气候变化的回归方程

	春季	夏季	秋季
农区	$Y = 161.41 - 0.01 X_1 - 3.62 X_2$ ($F = 0.17$)	$Y = 643.72 - 24.92 X_1 + 0.04 X_2$ ($F = 6.77^{**}$)	$Y = 306.69 - 23.27 X_1 + 0.92 X_2$ ($F = 11.00^{**}$)
牧区	$Y = 120.29 - 7.03 X_1 - 0.16 X_2$ ($F = 1.72$)	$Y = 6.50 + 0.80 X_1 + 0.12 X_2$ ($F = 7.12^{**}$)	$Y = 56.58 - 5.78 X_1 + 0.58 X_2$ ($F = 15.00^{**}$)
林区	$Y = 154.21 - 3.47 X_1 - 0.42 X_2$ ($F = 0.30$)	$Y = 171.25 - 5.38 X_1 + 0.18 X_2$ ($F = 7.74^{**}$)	$Y = 170.38 - 15.81 X_1 + 0.70 X_2$ ($F = 8.57^{**}$)

注: ** 表示通过 $\alpha = 0.01$ 的显著水平, * 表示通过 $\alpha = 0.05$ 的显著水平 (下转第 263 页)

力,内力和外力是相辅相成的,共同作用,相互影响。内外驱动力及其作用过程构成了土地利用变化驱动系统。其中,外在驱动力是长时间尺度和不同空间尺度间的土地利用驱动机制,是土地利用变化的背景,决定着土地利用变化的方向。内在驱动力是较短时段内局部地区土地利用结构演变的核心推动力,而在沿海地区土地利用结构演变中起主导作用的是人口因素、经济因素、制度政策等人文驱动力。

5 结 论

对沿海地区驱动力因子的识别和对驱动机制的系统研究,有利于更深入地分析区域土地利用变化的原因和机理,从研究中得到重要启示:对土地利用驱动力和驱动机制的研究,需要运用系统论思想,使宏观、中观分析与局部地区环境下的微观分析相结合,并做到定性与定量研究方法的有机结合。

参考文献:

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用,覆

被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(5): 553-557.

[2] 郑宇堆,刘彦随,王玉华. 沿海发达地区土地利用研究新进展与方向[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(6): 509-514.

[3] 陆大道. 中国沿海地区 21 世纪持续发展[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,1998:649-678.

[4] 张祖陆,王琳. 莱州湾南岸咸水入侵区土地利用/覆被变化驱动机理研究[J]. 地理科学,2007,27(1):40-44.

[5] Keller M D J, Jacob S C, Wofsy, et al. Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry[J]. Climatic Change,1991,19:145-158.

[6] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2007:758-768.

[7] 邵景安,李阳兵,魏朝富,等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J]. 地球科学进展,2007,22(8):799-811.

[8] Wood D, Lenn é M. "Received Wisdom" in agricultural land use policy:10 years on from Rio[J]. Land Use Policy,2005,22(2):75-93.

[9] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究,2000,18(2):129-138.

(上接第 258 页)

3 结 论

(1)近 20 a 呼伦贝尔市农牧林区年平均气温总体呈上升趋势,但增温态势不明显,年降水量变化呈明显下降趋势,其中牧区达显著水平,林区达极显著水平,体现了该区域年降水量变化较大的特点,并说明气候正在向暖干化趋势发展,夏秋两季降水量的减少是造成年降水量减少的主要原因。

(2)近 20 a 呼伦贝尔市农区和林区土壤水分含量均呈极显著下降趋势,牧区下降趋势不明显,且 21 世纪以来,农牧林区土壤水分含量大幅度下降,说明呼伦贝尔市农、牧、林区土壤水分正在逐年减少,土壤干旱化程度加重。

(3)土壤水分含量与 4 - 10 月平均气温呈极显著负相关,与年降水量呈极显著正相关关系。且温度和降水量对土壤水分含量的综合影响效应集中在夏秋

两季,这可能是近几年春末、夏季、秋季连旱的原因。

参考文献:

[1] 薛晓萍,王新,张丽娟. 基于支持向量机方法建立土壤湿度预测模型的探讨[J]. 土壤通报,2007,38(3):427-433.

[2] 刘洪斌,武伟,魏朝富. 模型在土壤水分动态模拟中的应用[J]. 山地学报,2004,22(1):121-125.

[3] 周广胜,张新时. 植被对气候的反馈作用[J]. 植物学报,1996,38(1):1-7.

[4] 王希平,赵慧颖. 呼伦贝尔市林牧农业气候资源与区划[M]. 北京:气象出版社,2006.

[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] 王绍武,叶瑾林. 近百年全球气候变暖的分析[J]. 大气科学,1995,19(5):545-553.