

# 黑龙江省土壤水分分区与预报

罗新兰<sup>1</sup>, 芦涛<sup>1</sup>, 姜丽霞<sup>2</sup>, 曲成军<sup>3</sup>

(1. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161; 2. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030;  
3. 黑龙江省气象局, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为客观分析黑龙江省土壤水分的特点,以有效利用水资源,实现农业增产,利用黑龙江省32个气象站1981~2009年3~10月降水量、蒸发量、日照时间等气象资料和3~10月逢8观测的土壤重量含水率资料,对黑龙江全省进行土壤分区和土壤水分预报。结果表明:土壤水分的散失与降水、日照、风速等气象条件的变化有较大关系。利用模糊聚类法,划分出黑龙江省5个土壤水分分区;并尝试用逐步回归法建立了春季土壤水分预报方程,经试验预报准确率较高。

**关键词:**黑龙江省;土壤水分;分区;预报

**中图分类号:**S152.7      **文献标识码:**A      **文章编号:**1002-2767(2012)06-0040-05

黑龙江省位于我国东北部,容易受到季风气候的影响,冬季干冷,夏季降水丰沛。大气降水以气旋雨为主,水汽入流一般为西南方向。全省境内气候封闭式,气候多样,有多种土壤类型。黑龙江省是我国重要的产粮基地。

土壤水分状况对农作物的生长有着重要的作用,是决定作物生长发育的关键。而且研究和掌握土壤水分的变化对有效利用水资源和生态保护有重要意义,并对农业增产具有重要的理论与实际应用意义<sup>[1-2]</sup>。地表和大气之间存在不断的水分交换,气候变化直接引起土壤水分的变化<sup>[3]</sup>。黑龙江省处于内陆,陆地表面的蒸发对降水的贡献较大,而蒸发和降水与土壤水分密切相关<sup>[4-5]</sup>。通过分析农田土壤水分变化规律以及气象条件对土壤水分的影响等对土壤水分的变化进行预测,从而为确定最佳播种期、适宜灌水时间、适宜灌溉次数、统筹调配水资源提供理论依据<sup>[6-7]</sup>。有关黑龙江省土壤水分变化特征的研究较多,如赵秀兰的“黑龙江省农田土壤蓄水量盈亏状况的垂直变化规律”“黑龙江省作物生长季农田土壤水分分区的分析”<sup>[8-9]</sup>和韩俊杰等人的“1984~2005年黑龙江省主要农区土壤湿度的变化特征”<sup>[10]</sup>。

该文的目的在于利用大量的农田实测资料和气象资料,对黑龙江全省土壤水分进行准确的分区与预报,以期当地的农业生产提供客观可靠的依据。

## 1 资料与方法

试验所用资料包括1981~2009年黑龙江省范围内所属32个站3~10月0~30 cm土层的土壤重量含水率(观测日期为每月逢8日)以及田间持水量,土壤容重资料和降水、蒸发、日照、风速等气象资料。

黑龙江省内选取呼玛、黑河、饶河和泰来等有固定观测地段的32个气象站1981~2009年的土壤重量含水率、田间持水量、土壤容重和经过统计得出的年平均降水总量、年平均降水蒸发差作为分区指标,利用模糊聚类法进行黑龙江全省的土壤水分分区。分区结果通过Photoshop绘图软件在黑龙江省地图上实现。

设 $y$ 为所预报的未来土壤水分重量含水率, $x_k(k=1,2,3,\dots,n)$ 为预报因子,将预报对象 $y$ 和相关预报因子 $x_k$ 的历史资料按照具体统计方法的要求进行相关分析处理后,利用逐步回归法建立土壤水分预报方程。

## 2 结果与分析

### 2.1 影响土壤水分变化的主要因子

2.1.1 黑龙江省土壤有效含水量地理分布 0~50 cm为耕作层,土壤含水量容易受气候、作物的影响,这一层土壤含水量的多少直接影响到作物的播种和生长。

利用黑龙江省范围内32个气象站1981~2009年的田间持水量和凋萎湿度资料,计算出0~50 cm土壤有效水量的分布,利用Photoshop绘图软件对整理计算的资料进行等值线绘图(见图1),最低值以富锦(8.6%)和泰来(9.6%)为中心,该区土壤主要以风砂土为主。次低值区出现在松嫩平原东南部和三江平原,此区土壤有效含水率普遍低于14%。次高值区出现在饶河、东宁

收稿日期:2012-03-21

第一作者简介:罗新兰(1969-),女,黑龙江省依兰市人,博士,副教授,从事应用气象、设施环境科学与工程及作物模拟系统的教学与研究工作。E-mail:luoxinlan@tom.com。

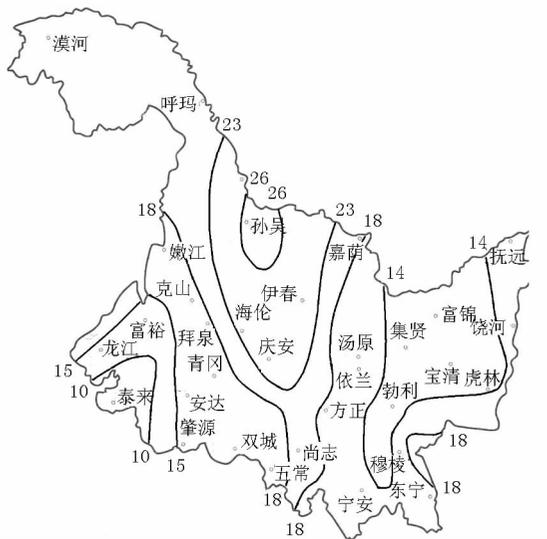


图1 黑龙江省1981~2009年0~50 cm 土壤有效含水量(%)的分布

Fig. 1 Distributing of available soil water capacity in Heilongjiang province from 1981 to 2009

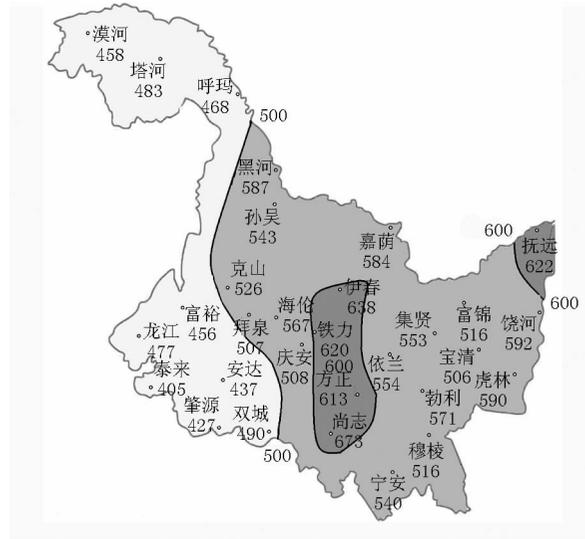


图2 黑龙江省1981~2009年平均降水量(mm)的分布

Fig. 2 Distributing of annually average precipitation in Heilongjiang province from 1981 to 2009

以及松嫩平原东部的部分地区。最高值出现在以孙吴为中心的小兴安岭地区(29.6%),这与该地区主要以暗棕壤土为主有关。

2.1.2 降水和蒸发差的地理分布 降水和可能蒸发差是土壤水分的主要收入项和支出项,直接反映了土壤水分的盈亏情况,对植被分布和土壤形成有着重要的作用。

整理计算了黑龙江省32个农业气象观测站1981~2009年的降水值,利用Photoshop绘图软件对整理计算的资料进行等值线绘图(见图2),黑龙江省降水量由东向西减少,小兴安岭地区年平均降水量550~650 mm,南部伊春附近及东南部山地尚志、方正等地形成多雨中心,降水量在600 mm以上。西部平原区仅400~450 mm,东北部三江平原地区也在600 mm以上。

黑龙江省的降水表现出明显的季风性特征。夏季由于受东南季风的影响,降水充沛,占全年降水量的65%左右;冬季受干冷西北风控制,干燥少雪,仅占全年降水量的5%;春秋分别占13%和17%左右。1月份最少,7月份最多。

整理计算黑龙江省32个农业气象观测站1981~2009年的年降水和潜在蒸发量,计算出降水和可能蒸发差。利用Photoshop绘图软件对整理计算的资料进行等值线绘图(见图3),全省年平均降水和可能蒸发差在-400~200 mm,年降水和可能蒸发差的绝对值由西向东递增。最小值出现在漠河地区,在-400~-300 mm;最大值出现在小兴安岭地区,在150~200 mm;全省大部分地区都在0~200 mm。

全年以冬季蒸发量最小,1月份仅3~

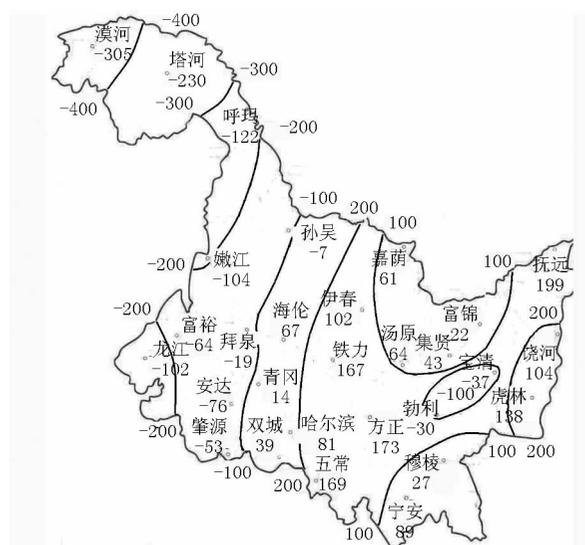


图3 黑龙江省1981~2009年年平均降水和可能蒸发差(mm)的分布

Fig. 3 Distribution of difference between precipitation and evaporation in Heilongjiang province from 1981 to 2009

22 mm。春季各地气温迅速升高,风力增大,蒸发量较大,全省在80~370 mm。春季由于风大,气温高,其蒸发量远远超过秋季。夏季气温高,是全年蒸发量最大的季节,蒸发量小的大兴安岭山地也在120 mm以上。

## 2.2 土壤水分分区

2.2.1 分区指标及意义 在分析土壤水分变化规律的基础上,以土壤重量含水率作为主要指标,利用气象和土壤等资料,确定土壤水分分区的指标,应用主成分分析等方法,在全省范围内进行了土壤水分分区。

(1)年平均降水总量及年平均降水和可能蒸发差(mm):降水和可能蒸发差是土壤水分的主要收入项和支出项,直接反映了土壤水分的盈亏情况。

(2)0~30 cm 田间持水量(%):反映土壤类型、土壤蓄水和保水能力。

(3)0~50 cm 土壤重量含水率(%):反映土壤水分分布状况。

(4)年平均气温和年日照时数(°C, h):综合反映一个地区的主要气候特征。

(5)0~50 cm 土壤平均容重( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ):是土壤类型、肥力和蓄水保墒性能及耕作制度的综合反映。

2.2.2 分区方法及分区结果 用模糊聚类法进行土壤水分分区。将32个气象站进行编号,将5个分区资料进行标准化处理,统计量采用欧氏距离<sup>[11-12]</sup>:

$$L(x_i, y_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^S (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

其中: $x_{ik}$ 是*i*个样本的第*k*个指标(分量); $x_{jk}$ 是*j*个样本的第*k*个指标(分量);*S*为指标容量。

在定性定量分析的基础上,择优选取  $L = 0.99$  的水平集,其聚类结果见表1。

表1 黑龙江省土壤水分分区命名  
Table 1 Partitioning nominate of soil moisture in Heilongjiang province

代号 No.	分区名称 Name
I	西南干旱区 春、秋干旱区
II	西部干旱区
III	中部水平衡区
IV	东部三江平原多水区
V	东北部水分富裕区

2.2.3 分区评述 I区包括泰来和富裕等,位于黑龙江省西部,属于旱区。土壤以盐碱地、风砂土为主。春季干旱,年平均降水蒸发差-150~-50 mm,重量含水率在11%左右,年平均降水410~480 mm。是全省土壤最缺水的地区。

II区包括龙江、嫩江、富锦、青冈、安达、庆安、汤原、依兰、宝清、哈尔滨、肇源、双城、勃利、五常和宁安,位于黑龙江省西南部。土壤以风沙土、黑钙土为主,为半干旱区。平均降水蒸发差为-100~170 mm,土壤重量含水率21%~26%,年平均降水430~600 mm。春季多风沙,干旱少雨,常出现春旱,是我国主要的粮食产区。

III区包括克山、嘉荫、拜泉、海伦、巴彦和尚志等小兴安岭山区,位于黑龙江省中部,水分为正常



图4 黑龙江省土壤水分分区  
Fig. 4 Partitioning of soil moisture in Heilongjiang province

值。这主要因为此区为暗棕壤土,蓄水量大、土壤孔隙度大、透水量好,土壤肥沃,土壤水分适中。年平均降水蒸发差-130~200 mm,土壤重量含水率24%~28%,年平均降水490~680 mm。土壤肥沃,土壤水分适中,是全省粮食商品粮生产基地之一。

IV区包括嘉荫、集贤、虎林、穆棱和方正等,位于黑龙江省中东部。土壤以白浆土与暗棕壤交错的土壤为主,还伴有少部分沼泽土,为水分较为充足区。年平均降水蒸发差0~150 mm,土壤重量含水率26%~29%,年平均降水520~600 mm。土壤水分充足,能够满足农作物需要。

V区包括饶河和抚远等,位于黑龙江省东北部,属于三江平原。土壤为草甸土、沼泽土和泥炭土,为水分充沛区。年降水蒸发差为170~200 mm,土壤重量含水率32%~36%,年平均降水为590~630 mm。土壤水分不仅能满足作物需求,且有盈余。

## 2.3 土壤水分预报模型的建立

2.3.1 预报因子的选择 由于影响土壤水分的因素有很多,如气象条件、土壤特性以及植被覆盖等。所采用方法不能考虑完整的影响因素,只能从实用性出发,使用一些有实测数据的影响因素,建立模型。

利用全省范围内32个气象站1981~2009年的4~5月作物生长期内的降雨量、日照时数、风速、平均温度与1981~2009年4~5月0~30 cm土壤重量含水率,使用逐步回归方法进行土壤水分预报。

2.3.2 土壤水分预报方程的建立 共建立3个

土壤水分预报方程。

(1)4月下旬土壤水分预报方程:

$$y = 4.11 + 0.83x_1 + 0.1x_2 - 1.4x_3 \quad R = 0.836, R_{0.01} = 0.721, R > R_{0.01}$$

式中,  $x_1$  为4月中旬土壤重量含水率(%);  $x_2$  为4月中旬降雨量(mm);  $x_3$  为4月中旬风速( $m \cdot s^{-1}$ );  $y$  为4月上旬0~30 cm土壤重量含水率(%)。

(2)5月上旬土壤水分预报方程:

$$y = 41.22 + 0.19x_4 - 1.45x_5 - 2.31x_6 \quad R = 0.903, R_{0.01} = 0.706, R > R_{0.01}$$

式中  $x_4$  为4月下旬降雨量(mm);  $x_5$  为4月下旬平均气温( $^{\circ}C$ );  $x_6$  为4月下旬风速( $m \cdot s^{-1}$ );  $y$  为5月上旬0~30 cm土壤重量含水率(%)。

(3)5月中旬土壤水分预报方程:

$$y = 3.86 + 0.55x_7 + 0.43x_8 - 2.1x_9 \quad R = 0.85, R_{0.01} = 0.620, R > R_{0.01}$$

式中  $x_7$  为5月上旬土壤重量含水率(%);  $x_8$  为5月上旬降雨量(mm);  $x_9$  为5月上旬风速( $m \cdot s^{-1}$ );  $y$  为5月中旬0~30 cm土壤重量含水率(%)。

2.3.3 模型的检验 用各方程预报土壤重量含水量,从预报效果看,用所选择的相关影响因子进行土壤水分预报是可行的(见表2)。要进一步进行检测,需要对黑龙江省其它地区选代表点进行预报。对这种预报方法,要和其它多种方法比较,在预报中进行验证,并在实际应用中不断完善。

表2 黑龙江省西部地区2008~2010年土壤重量含水率预报值和实测值比较

Table 2 Comparison on estimation and measured of soil gravimetric water content rate in western region of Heilongjiang province 2008~2010

监测时间 Monitoring time	采样地点 Sample site	前期土壤重量 含水率/% Soil gravimetric water content rate	7日后实测土壤 重量含水率/% Measured soil gravimetric water content rate 7 days later	相对误差/% Relative error
2008-05-08	青冈	21.77	20.80	4.6
2009-04-28	龙江	12.76	14.12	-4.8
2010-04-28	嫩江	27.60	28.15	-1.9

### 3 结论与讨论

根据土壤水分与气候之间的关系,选择以土壤水分、土壤容重、田间持水量和相关气象资料作为分区指标,把黑龙江全省划分为5个区域。分别为西部干旱区、西南部半干旱区、中部水分适宜区、中东部水分丰富区和东北部水分充沛区。

分区结果能够保证土壤水分分区符合实际。在评价地区旱涝时,不仅考虑了降水的多少,也把土壤性质和其它气象条件如风速、日照考虑在内。黑龙江省虽水资源丰富,但常有春旱和秋旱发生。各地土壤水分差异很大,其分布是以中部山地和东北部的三江平原为土壤水分最多地区。其它地区则是由东向南减少,其中向西南减少得快。西南地区是黑龙江省水资源最缺乏的地区。土壤水分分区所选指标均为土壤湿度特征值,它们不仅反映了土壤水分的地理分布,而且还反映了当地土壤水分对农业生产的影响。分区结果显示出了各地区土壤水分特征的异、同。

分别建立了4月下旬、5月上旬、5月中旬土

壤墒情预报方程。分别为:  $y = 4.11 + 0.83x_1 + 0.1x_2 - 1.4x_3$ ;  $y = 41.22 + 0.19x_4 - 1.45x_5 - 2.31x_6$ ;  $y = 3.86 + 0.55x_7 + 0.43x_8 - 2.1x_9$ 。

所有方程均通过可信度为0.01的显著性检验,方程可靠。土壤墒情预报值的相对误差在 $\pm 5\%$ ,基本能够反映土壤墒情的动态变化。

所选用土壤水分预报要素和指标有比较明确的农业意义和气象意义,包括了影响土壤水分变化的诸多因子。为了检验该方法的模拟能力,选取黑龙江省主要农作物如玉米和大麦等的播种期的4月和5月上旬进行试报。经逐步回归方程计算,得出的相关回归方程经检验效果较好。但由于处在初步阶段,有待进一步研究和完善。

#### 参考文献:

- [1] 马国柱. 中国东北区域土壤湿度的变化及其与气候变化率的关系[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 278-287.
- [2] George Y Lu, David W Wong. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique[J]. Computers and Geosciences, 2008, 34(9): 1044-1055.
- [3] 刘树华. 土壤-植被-大气系统水分散失机理的数值模拟[J]. 干旱气象, 2004(3): 1-9.

- [4] 马柱国. 土壤湿度与气候变化关系研究中的某些问题[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 563-568.
- [5] 马柱国, 魏和林, 符淙斌. 土壤湿度与气候变化关系的研究进展与展望[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 299-305.
- [6] 卢玉邦. 土壤水分预报模型的研究[J]. 土壤学报, 1989, 26(1): 51-56.
- [7] Jain A K, Murty V V N. Simulation of soil moisture profiles for scheduling of irrigations[J]. Agricultural Water Management, 1985, 2: 175-185.
- [8] 赵秀兰, 邹立尧, 沈能展, 等. 黑龙江省农田土壤蓄水量盈亏状况的垂直变化规律研究[J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(2): 147-151.
- [9] 赵秀兰, 王桂玲, 邹立尧, 等. 黑龙江省作物生长季农田土壤水分分区研究[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(1): 6-10.
- [10] 韩俊杰, 高永刚, 南瑞, 等. 1984~2005年黑龙江省主要农区土壤湿度的变化特征[J]. 中国农业气象, 2009, 30(1): 41-44.
- [11] 林美英. 山东省土壤水分分区研究[J]. 北京农业大学学报, 1990(S3): 77-84.
- [12] 刘景利, 刘丽华, 付连弟. 利用主成分分析和模糊聚类做辽宁省土壤水分分区[J]. 北京农业大学学报, 1990(S3): 114-149.

## Partitioning and Prediction of Soil Moisture in Heilongjiang Province

LUO Xin-lan<sup>1</sup>, LU Tao<sup>1</sup>, JIANG Li-xia<sup>2</sup>, QU Cheng-jun<sup>3</sup>

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161; 2. Heilongjiang Province Institute of Meteorological Sciences, Harbin, Heilongjiang 150030; 3. Heilongjiang Province Meteorological Bureau, Harbin, Heilongjiang 150001)

**Abstract:** For objectively analyzing characteristics of soil water in Heilongjiang province to efficient use water resource and realize agricultural production, Heilongjiang province soil partitioning and soil moisture prediction were conducted using 32 meteorological stations of Heilongjiang province from 1981 to 2009 between March and October precipitation, evaporation, sunshine time and other meteorological data and the gravimetric of the soil moisture data observed every 8<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>. The result showed that There was a larger relationship between soil moisture loss and change of meteorological conditions such as precipitation, sunshine and wind speed. Using fuzzy cluster analysis method, Heilongjiang province was divided into five soil moisture partition. It attempt to establish spring soil moisture prediction equation using stepwise regression method, the tested prediction accuracy was high.

**Key words:** Heilongjiang province; soil moisture; partition; prediction

### 玉米细菌萎蔫病的发生及防治

玉米细菌萎蔫病又称玉米细菌性叶枯病、斯氏细菌枯萎病、斯氏叶枯病、玉米欧文氏菌萎蔫病等, 属全株系统性维管束病害, 是我国重要外检对象。该病最初的症状是萎蔫, 叶片出现灰绿色至黄色线状条斑, 有不规则形或波浪形的边缘, 与叶脉平行, 严重的可延伸到全叶。这些条斑迅速变黄褐干枯, 在近地面处茎的髓部变为中空。细菌通过维管束扩展, 有时从维管束切口处流出黄色细菌脓液。有的还能进入籽粒。受害株变矮或雄花过早变白死亡。该病分布在美国、加拿大、墨西哥、巴西、秘鲁、圭亚那、意大利、波兰、罗马尼亚、南斯拉夫、泰国、越南和马来西亚等国。

病原称斯氏欧文氏菌(玉米斯氏萎蔫病欧文氏菌) *Xanthomonas stewartii* (Smith) Dowson, 异名 *Erwomoas tewartii* (Smith) Dye., 属细菌, 细菌杆状, 无鞭毛, 格兰氏染色阴性大小(0.9~2.2)  $\mu\text{m} \times (0.4 \sim 0.8) \mu\text{m}$ 。

传播途径和发病条件: 种子可以带菌。病菌还可在玉米跳甲(*Chaetocnema pulicaria*)体内越冬, 带菌跳甲也可传播此病。据美国研究, 玉米跳甲在细菌越冬和传播上具有重要作用, 此外, 微量元素影响玉米对该菌侵染的敏感性。施用过多铵态氮和磷肥可增加感病性, 高温有利于该病流行。甜玉米不抗病, 马齿型玉米发病较轻。

防治方法: (1) 选用培育抗病品种; (2) 及早喷洒杀虫剂控制玉米跳甲。