

王珊珊, 韩丽娟, 崔恒建, 等. 基于大气降水的华北地区土壤湿度预测模型. 应用气象学报, 2011, 22(4): 445-452.

基于大气降水的华北地区土壤湿度预测模型

王珊珊¹⁾* 韩丽娟²⁾ 崔恒建¹⁾ 杨 华³⁾

¹⁾(北京师范大学数学科学学院, 北京 100875) ²⁾(国家气象中心, 北京 100081)

³⁾(北京师范大学遥感科学国家重点实验室, 环境遥感与数字城市北京市重点实验室,
北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘 要

基于引入随机变量的机理性模型方法, 利用华北地区 2000—2008 年气象台站观测数据, 以大气降水为随机变量, 并考虑其延迟效应, 利用回归方法建立了预测时效为 1 旬的土壤相对湿度预测模型。利用预测率和干旱等级预报精度两个评价指标, 结合 2009 年土壤湿度实际观测数据, 验证了预测模型预报率均在 90% 以上, 绝大部分站点的干旱等级预报精度均在 70% 以上, 得出该预测模型在华北地区应用的合理性, 从而建立了一套客观、动态的土壤湿度预测方法, 有利于及时掌握农田旱情程度和分布, 主动采取防旱、抗旱应对措施。

关键词: 土壤湿度; 土壤蓄水饱和度; 降水延迟效应; 非线性回归方程

引 言

我国是一个传统的农业大国, 旱作农业在我国整个农业中占有相当大的比例, 而旱作农业研究的重点和难点之一就是农田土壤水分动态变化^[1]。引起土壤湿度变化的因素很多, 它不仅与降水、蒸发和日照时数等气象因素有关, 还与土壤类型、质地、前期蓄水量、作物类型、作物覆盖率、作物所处发育期和土壤持水机制等多种因素有关。探讨一套客观、动态的土壤湿度预测方法对于及时掌握农田旱情程度和分布, 从而采取积极主动的防旱、抗旱应对措施具有重要意义。因此, 土壤水分的动态模拟和预测^[2]一直是国内外农业应用的重要研究课题。传统的研究方法主要有确定性方法和随机性方法两大类, 其中确定性模型主要有水动力学模型^[3-4]和水分平衡模型^[5-7]; 随机性模型主要有机理性模型^[8]和时间序列模型^[9-11]。目前研究较多且得到了广泛应用的模拟方法主要包括: 引入随机变量的机理性模型研究; 以土壤水分平衡方程为基础估算土壤水分状况的方法; 水动力学模型; 时间序列分析模型。此

外, 目前还有一些新的研究方法, 如应用遥感技术进行土壤水分测定和预报的方法^[12], 这为解决大范围土壤湿度的预测提供了更为快捷的途径; 另外, 还有利用人工智能领域的人工神经网络技术建立土壤水分预测模型^[13-14], 预测土壤水分变化, 该方法也逐渐成为人们研究和关注的焦点。

关于干旱预测模型, 前人已经做了大量研究^[15-18], 取得了一定成果。本文基于引入随机变量的机理性模型方法, 即以气象因子为随机变量, 建立土壤相对湿度预测模型。考虑到降水和初始土壤相对湿度是影响土壤相对湿度的主要因素, 分别建立了双变量——降水量、初始土壤相对湿度与 10 cm 土壤相对湿度(w_1)、20 cm 土壤相对湿度(w_2)之间的模型关系, 利用华北地区 6 个省市 55 个站点 2000—2008 年降水观测数据及土壤相对湿度数据分别建立各个站点的预测模型。模型建立主要利用统计中的相关分析及变量选择标准, 寻找使得土壤相对湿度与降水之间相关度达到最大的函数关系; 再利用回归方法得到预测方程, 预测各个站点 2009 年土壤相对湿度, 以预测值 95% 的置信区间作为结果表达形式, 利用 2009 年实际观测数据验证预

2010-09-27 收到, 2011-04-26 收到再改稿。

资助项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106027), 十一五科技支撑项目(2006BAD04B04), 国家自然科学基金项目(40901170)

* E-mail: ssw@mail. bnu. edu. cn

测模型的合理性。

1 数据

1.1 数据源

2000—2009年华北地区6个省、市(京、津、鲁、豫、晋、冀)55个土壤水分监测站点的土壤相对湿度数据及相应的气象观测数据。

1.2 数据预处理

首先,由于土壤相对湿度数据是每旬逢8观测,即每个月8,18,28日观测的数据,因此按照将前一月29日—本月8日,9—18日和19—28日的日降水量数据累加起来对应土壤相对湿度上旬、中旬和下甸的观测的原则,整合日降水数据为每旬逢8降水量累积数据;其次,华北地区有很多站点数据,其中部分站点2000—2009年数据较为完全(完整数据),从样本量来讲具有代表性,故只对这些数据进行分析;最后,由于模型预测的目标是农田土壤的干旱与否,对于同一时间、同一站点的作物类型以春玉米、冬小麦、春小麦为首选目标,即以农作物为主,经济作物为辅,白地(裸地)次之的原则进行选择,建立每一站点土壤相对湿度与降水一一对应的数据集华北地区6个省、市55个土壤水分监测站点2000—2009年每旬逢8土壤相对湿度数据及相应的气象观测数据,对应的作物主要为春玉米、冬小麦、春小麦3种农作物,且不同年份同一旬对应作物一致。

1.3 模型验证评价标准

将2009年的降水量观测数据,代入模型中预测2009年的土壤相对湿度,并与2009年的土壤相对湿度观测数据进行比较,按照干旱分布等级标准(表1),若干旱预报精度平均在70%以上,则认为模型合理;否则,将对模型进行修改,再验证评价。

表1 干旱分布等级标准

Table 1 The rating criteria of drought distribution

| 土壤相对湿度/% | 干旱程度 |
|----------|------|
| 50~60 | 轻旱 |
| 40~50 | 中旱 |
| 30~40 | 重旱 |
| <30 | 特旱 |

2 模型建立

2.1 模型建立方法

建立模型时主要考虑以下4个条件:①由于土

壤类型、土壤质地、作物类型和作物覆盖率等诸多因素对土壤蓄水能力的影响,农田土壤蓄水能力有限,即农田土壤都有一定的蓄水饱和度,当土壤蓄水量达到饱和后将保持不变;②对于干旱土壤来说,土壤相对湿度随降水的增加而增加,而且增长速度呈递减趋势;③前期降水对于当前土壤相对湿度也会有一定程度的影响,即降水对土壤相对湿度影响的延迟效应(也称降水对土壤相对湿度的补偿作用);④初始土壤相对湿度(前期土壤相对湿度)对当前土壤湿度也有很大影响,两者呈一定的线性关系。

综上所述,建立土壤相对湿度与降水量关系模型:

$$w_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i w_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j r_{t-j+1,\tau}^\gamma + \xi_t \quad (1)$$

式(1)中, w_t 为 t 时刻的土壤相对湿度; $\gamma > 0$ 为次幂参数;误差项 ξ_t 独立同分布于 $N(0, \sigma^2)$, σ^2 未知,

$$r_{t-j+1,\tau} = \begin{cases} R(t-j+1), & R(t-j+1) \leq \tau; \\ \tau, & R(t-j+1) > \tau; \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

其中,参数 $\tau > 0$ 为土壤蓄水饱和度; $R(t)$ 为 t 时刻的降水量; $r_{t,\tau}$ 表示考虑土壤蓄水饱和度 τ 后 t 时刻的降水量; $\alpha_0, \{\alpha_i\}_{i=1}^m, \{\beta_j\}_{j=1}^n$ 分别为趋势参数、初始土壤相对湿度效应参数和降水效应参数。

对于该模型:①前期土壤相对湿度作为土壤相对湿度初始值对其有很大影响;②由于土壤有一定的蓄水饱和度,当土壤蓄水量达到饱和时,土壤相对湿度不再随降水量的增加而增加,即当降水量达到参数 τ 后,降水量对土壤相对湿度的影响不再随降水量的增加而变化,而是等于降水量 τ 时的影响效应,修正降水量因素为 $r_{t,\tau}$;③基于土壤相对湿度和降水量相关度最大化原理,即通过极大化 $\omega(t)$ 与 $r_{t,\tau}^\gamma$ 相关性来估计次幂参数 γ 和土壤蓄水饱和度参数 τ ,达到优化模型的目的;④考虑降水的延迟效应进一步优化模型。

2.2 变量选择

本文中的数据均为每旬逢8观测值,由经验知道,前期土壤相对湿度对当前土壤相对湿度的影响主要为延迟1甸的土壤相对湿度,故上述模型中取 $m=1$,即延迟1甸的土壤相对湿度作为当前土壤相对湿度的初始值;除此之外,上述模型建立的关键在于确定降水延迟项数,即涉及到回归分析中的变量

选择问题。在实际应用中,通常从数据与模型的拟合优劣、预测精度等不同角度提出多种回归自变量的选择准则。本文利用常用的拟合优度准则(CORR)、赤池信息准则(AIC)和贝叶斯信息准则(BIC)给出各个站点回归模型中降水的最佳延迟项。

考虑到降水的渗透、挥发和作物吸收等作用的

实际情况,只比较降水对土壤相对湿度的两个月内逐旬延迟效应,即无延迟,1旬延迟,2旬延迟,3旬延迟,4旬延迟,5旬延迟依次对应 $n=1,2,3,4,5,6$ 。图 1 和图 2 给出河北涿州和山东文登两个站点的 10 cm, 20 cm 土壤相对湿度延迟效应对比结果。

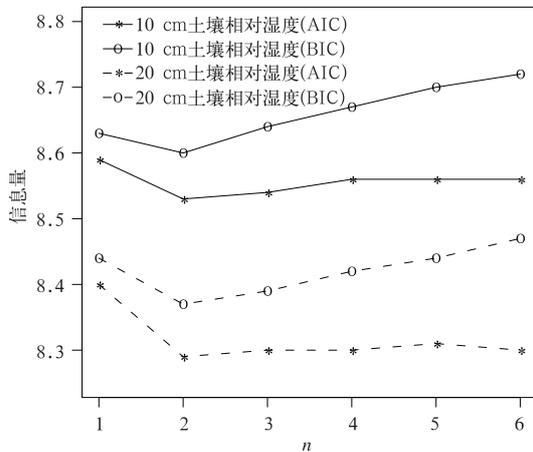


图 1 涿州站 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度延迟效应对比结果

Fig. 1 The delay effects of 10 cm and 20 cm soil moisture at Zhuozhou Station

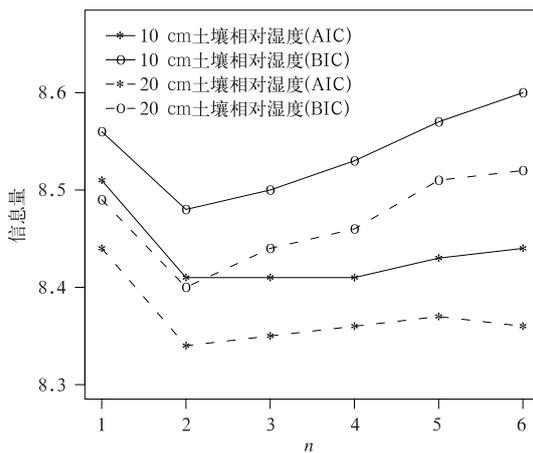
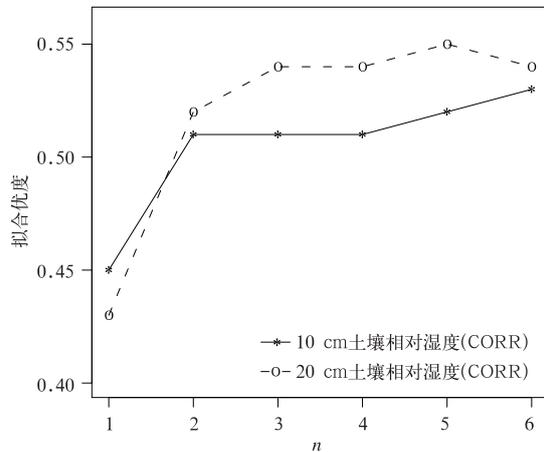
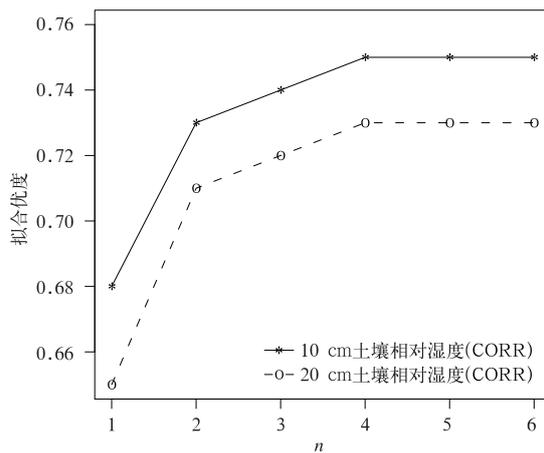


图 2 文登站 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度延迟效应对比结果

Fig. 2 The delay effects of 10 cm and 20 cm soil moisture at Wendeng Station



从图 1 和图 2 可以看出 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度的 1 旬降水延迟效果最佳,这是合理的。因为数据为逐旬观测量,2 旬之前的降水量观测对于当前土壤相对湿度观测的影响由于时间间隔较长的原因低于 1 旬降水量观测对当前土壤相对湿度观测的影响。考虑到模型的简洁性,因此只考虑 1 旬降水延迟效应,即 $n=2$,模型为

$$\omega_t = \alpha_0 + \alpha_1 \omega_{t-1} + \beta_1 r_{t,\tau}^\gamma + \beta_2 r_{t-1,\tau}^\gamma + \xi_t, \quad (3)$$

式(3)中, ω_t 为 t 时刻的土壤相对湿度, $\gamma > 0$ 为次幂参数,误差项 ξ_t 独立同分布于 $N(0, \sigma^2)$, σ^2 未知,

$$r_{t-j+1,\tau} = \begin{cases} R(t-j+1), & R(t-j+1) \leq \tau; \\ \tau, & R(t-j+1) > \tau; \end{cases} \quad j = 1, 2. \quad (4)$$

τ 为土壤蓄水饱和度。

2.3 参数拟合

对式(3)模型,利用 2000—2008 年华北地区 6

省、市 55 个站点数据进行参数拟合分析。限于篇幅,表 2 仅给出 10 个站点的拟合结果,其中 w_1 为 10 cm 土壤相对湿度; w_2 为 20 cm 土壤相对湿度; τ 为土壤蓄水饱和度参数; γ 为次幂参数, $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1, \beta_2$ 分别为趋势参数、初始土壤相对湿度效应参数、当前降水效应参数及延迟降水效应参数,相关系数为拟合值与观测值之间的皮尔逊相关系数。表 2 结果显

示,除宝坻站 20 cm 土壤相对湿度模型拟合优度较低外,其他站点模型拟合优度均在 65% 以上,拟合效果显著。图 3 和图 4 给出河北涿州和山东文登两个站点的拟合效果图像。

从图 3 和图 4 可以看出拟合值与观测值有很好的—致性,土壤相对湿度拟合值能够很好地追踪土壤相对湿度的变化,模型拟合效果显著。

表 2 华北地区 10 个站点参数拟合结果

Table 2 The results of parameter fitting of ten stations in North China

| 站名 | 土壤相对湿度 | γ | τ | α_0 | α_1 | β_1 | β_2 | 相关系数 |
|----|--------|----------|--------|------------|------------|-----------|-----------|------|
| 密云 | w_1 | 0.60 | 50 | 32.9 | 0.44 | 1.43 | -0.45 | 0.70 |
| | w_2 | 0.70 | | 28.9 | 0.56 | 0.52 | -0.21 | 0.70 |
| 宝坻 | w_1 | 0.60 | 70 | 42.8 | 0.27 | 2.51 | -0.57 | 0.62 |
| | w_2 | 0.80 | | 43.5 | 0.41 | 0.28 | -0.12 | 0.56 |
| 涿州 | w_1 | 0.80 | 80 | 30.3 | 0.34 | 1.39 | -0.19 | 0.67 |
| | w_2 | 0.95 | | 31.2 | 0.38 | 1.55 | -0.07 | 0.65 |
| 南阳 | w_1 | 0.35 | 70 | 26.0 | 0.37 | 2.08 | 0.22 | 0.74 |
| | w_2 | 0.70 | | 19.4 | 0.60 | 0.56 | 0.00 | 0.80 |
| 商丘 | w_1 | 0.55 | 100 | 30.7 | 0.25 | 2.36 | 0.55 | 0.65 |
| | w_2 | 0.60 | | 34.0 | 0.29 | 1.68 | 0.49 | 0.70 |
| 文登 | w_1 | 0.45 | 100 | 26.1 | 0.18 | 6.00 | 1.06 | 0.67 |
| | w_2 | 0.60 | | 27.0 | 0.28 | 2.61 | 0.63 | 0.71 |
| 胶州 | w_1 | 0.65 | 70 | 33.0 | 0.36 | 1.77 | 0.51 | 0.76 |
| | w_2 | 0.80 | | 30.5 | 0.45 | 0.74 | 0.25 | 0.78 |
| 安泽 | w_1 | 0.60 | 100 | 20.3 | 0.47 | 2.65 | 0.02 | 0.79 |
| | w_2 | 0.70 | | 19.7 | 0.55 | 1.29 | 0.03 | 0.77 |
| 长治 | w_1 | 0.60 | 100 | 14.8 | 0.39 | 3.42 | 0.33 | 0.70 |
| | w_2 | 0.90 | | 21.1 | 0.49 | 0.66 | 0.20 | 0.64 |
| 万荣 | w_1 | 0.60 | 100 | 33.8 | 0.34 | 2.05 | 0.51 | 0.75 |
| | w_2 | 0.70 | | 34.5 | 0.42 | 0.98 | 0.35 | 0.72 |

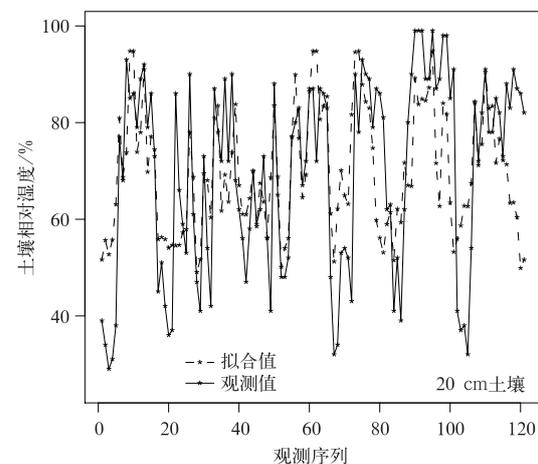
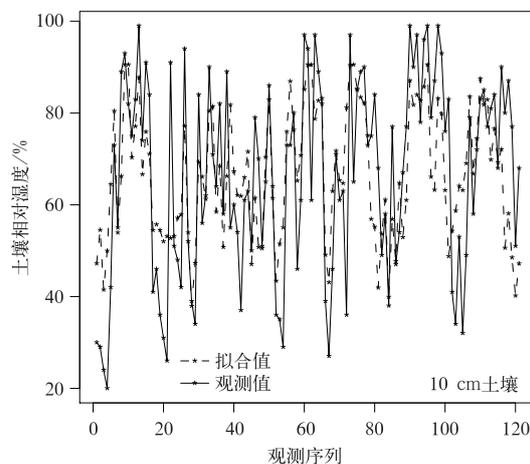


图 3 涿州站 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度拟合

Fig. 3 The fitting figures of 10 cm and 20 cm soil moisture at Zhuozhou Station

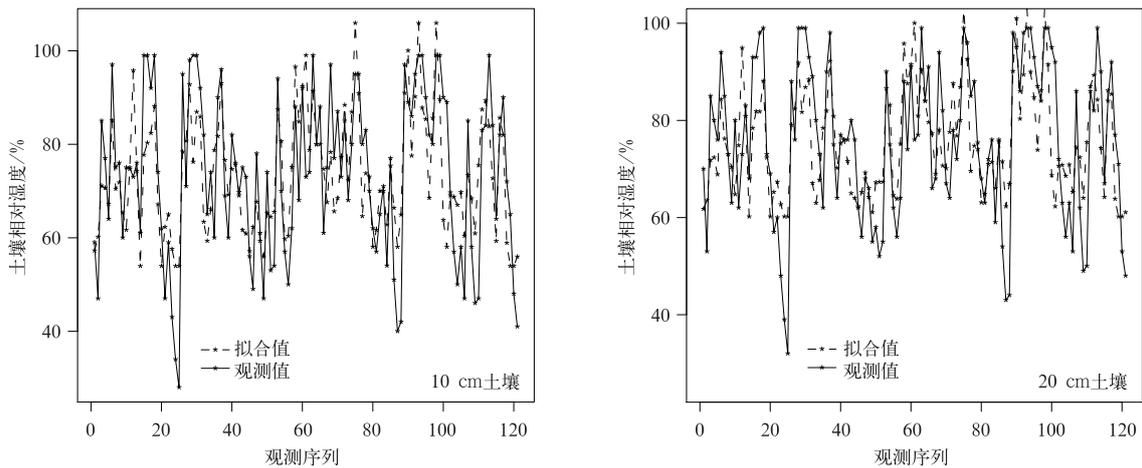


图 4 文登站 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度拟合

Fig. 4 The fitting figures of 10 cm and 20 cm soil moisture at Wendeng Station

3 预测模型验证

上述模型是 1 旬降水延迟效应模型,即在已知前期土壤相对湿度(1 旬)、当前降水和前期降水(1 旬)情况下,可以预测当前土壤相对湿度,即预测时效为 1 旬。根据华北地区 6 省、市 55 个站点数据建立的模型及 2009 年每旬逢 8 降水数据,预测 55 个

站点 2009 年每旬逢 8 土壤相对湿度,用土壤相对湿度实际观测数据验证,表明预测效果很好。图 5 和图 6 为河北涿州和山东文登 2 个站点的预测图,给出了观测值、预测值、95%置信区间的上下限。表 3 给出了对应 10 个站点的预测时效分别为 1 旬和 2 旬的结果,其中预测结果中有两个评价指标:预测率(观测值落入预测区间的频率)和等级预测率(预测干旱等级和实际干旱等级一致的频率)。

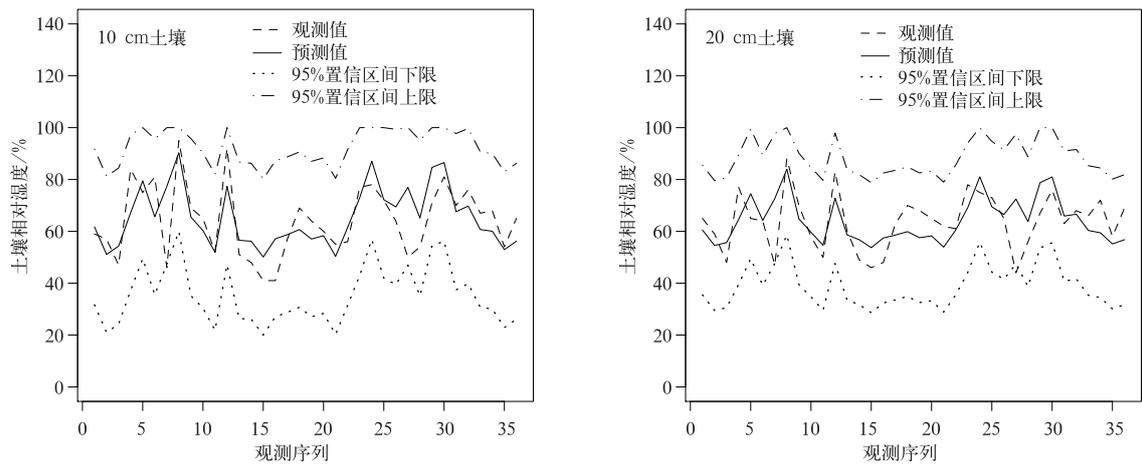


图 5 2009 年涿州站 10 cm 和 20 cm 土壤相对湿度预测结果

Fig. 5 The forecasting figures of 10 cm and 20 cm soil moisture at Zhuozhou Station in 2009

由表 3 显示的华北地区 10 个站点土壤相对湿度预测结果来看,除安泽和长治两个站点外,其余站点的模型 1 旬预测效果很好,尤其是土壤相对湿度观测值落入 95%预测区间的频率均在 90%以上,说明了上述模型的合理性。但是等级预测精度没有预测率效果好,原因在于观测数据当站点的降水量很

少时,土壤相对湿度变化依然很大,可能是由于人工灌溉等其他因素导致土壤相对湿度的变化,因此等级预测率偏低。其次,模型的 2 旬预测效果显然没有 1 旬预测效果好,尤其是干旱等级预报率效果差,这从反方面验证了时效为 1 旬的预测模型的合理性。从图 5 和图 6 看,模型预测效果基本显著,预测

值与实测值有很好的—致性,模型结果反映了实际土壤相对湿度的动态变化。当然,部分实测土壤相对湿度数据与预测值不符合,如降水量很小,土壤相对湿度仍然有明显增加,原因可能也是因为人工灌

溉等其他因素导致土壤相对湿度的变化。尽管如此,预测效果仍能满足制定田间土壤水分管理措施的需要。上述结果表明本文提出的模型是可行的。

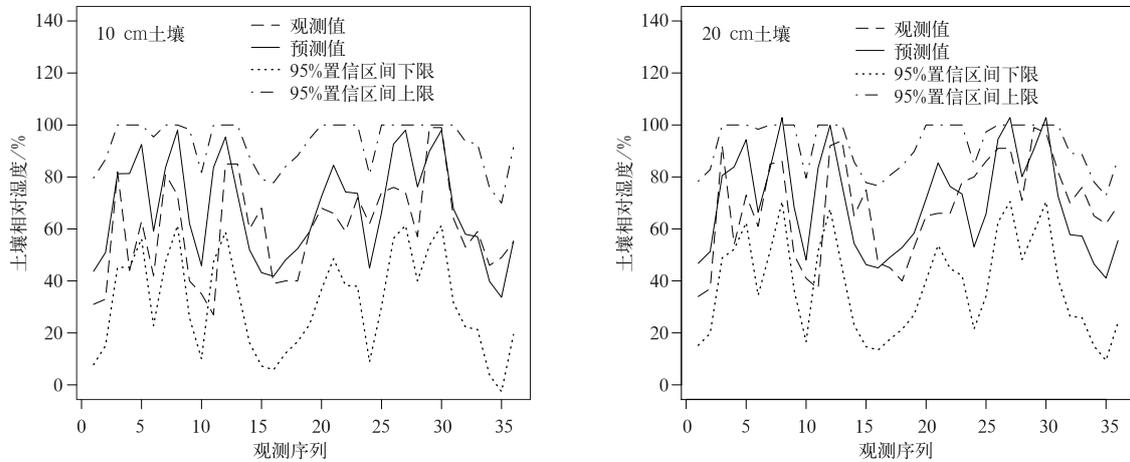


图6 2009年文登站10 cm和20 cm土壤相对湿度预测结果

Fig. 6 The forecasting figures of 10 cm and 20 cm soil moisture at Wendeng Station in 2009

表3 华北地区10个站点土壤相对湿度预测结果

Table 3 The soil moisture forecasting results of 10 stations in North China

| 站点 | w_1 预测率 | w_2 预测率 | w_1 等级预测率 | w_2 等级预测率 |
|----|------------|------------|-------------|-------------|
| 密云 | 0.98(0.97) | 0.95(0.90) | 0.80(0.70) | 0.81(0.87) |
| 宝坻 | 0.95(0.90) | 0.95(0.93) | 0.95(0.73) | 0.93(0.93) |
| 涿州 | 1.00(0.98) | 0.98(0.95) | 0.90(0.62) | 0.95(0.62) |
| 南阳 | 1.00(1.00) | 1.00(1.00) | 0.64(0.55) | 0.67(0.62) |
| 商丘 | 0.92(0.90) | 0.93(0.89) | 0.70(0.60) | 0.84(0.56) |
| 文登 | 1.00(0.98) | 1.00(0.95) | 0.95(0.48) | 0.98(0.55) |
| 胶州 | 1.00(1.00) | 1.00(0.94) | 1.00(0.97) | 1.00(0.60) |
| 安泽 | 1.00(0.94) | 1.00(0.93) | 0.65(0.53) | 0.63(0.44) |
| 长治 | 0.98(0.93) | 1.00(0.95) | 0.67(0.35) | 0.67(0.48) |
| 万荣 | 0.98(0.93) | 1.00(0.95) | 0.74(0.38) | 0.84(0.23) |

注:表3为华北地区10个站点预测时效分别为1旬和2旬结果比较,其中括号内的数值表示对应站点预测时效为2旬的预测率或者干旱等级预报率。

4 结论与模型推广

本文建立了华北地区6省、市55个站点10 cm土壤相对湿度和20 cm土壤相对湿度与降水1旬延迟效应的关系模型,并利用实测数据对模型进行了验证,结果表明了模型的有效性,为以后田间土壤相对湿度预测提供了依据。由于全国土壤水分监测站点很多,不能一一给出两者之间的关系模型,但是本文使用的模型建立方法可以推广到全国各个站点。本文所做的工作只是初步尝试,从拟合和预测效果来看,是成功的。当然,模型也有一定局限性,因为

农田土壤相对湿度受大气、土壤和作物综合影响,难以精确拟合,同时人工灌溉也是影响土壤湿度的重要因素,而由于没有人工灌溉的数据,因此没有考虑这一因素,使得模型在降水较少时不敏感,有待于进一步改进。另外,模型拟合和预测误差除来源于土壤相对湿度观测值本身之外,相当一部分是由模型中参数的不精确性引起的,因此,如能获取诸如地表蒸发、作物密度、土壤质地和人工灌溉等更精确的信息,将会使模型取得更好的效果。最后,值得一提的是,本文的模型是1旬降水延迟效应模型,预测时效为1旬,随着全国降水监测站点的推广,容易获取降水的逐日或者逐周等更为连续的观测数据,应用本

文的模型可对土壤相对湿度作滚动式预测,即实现对土壤相对湿度的动态预测,这对旱作农业的研究有深远影响。

根据模型建立的原理,可以进一步考虑结合土壤相对湿度的时间序列分析模型中的自回归模型^[19-20],即研究土壤相对湿度自回归模型与降水、农田蒸散之间的关系,亦即降水和农田蒸散在诸多影响土壤相对湿度的因素中对土壤相对湿度自回归模型的贡献率。

参 考 文 献

- [1] 申双和,周英. 农田土壤水分预测模型应用研究. 南京气象学院学报,1992,15(4):540-548.
- [2] 华北平原作物水分胁迫与干旱研究课题组. 作物水分胁迫与干旱研究. 郑州:河南科学技术出版社,1990:1-235.
- [3] 郑剑飞,范嘉泉. 土壤水分系统动态模拟. 北京农业大学学报,1984(4):493-500.
- [4] 李保国,龚元石,左强,等. 农田土壤水的动态模型及应用. 北京:科学出版社,2000.
- [5] 申双和,周英. 旱地农田土壤水分动态平衡的模拟. 南京气象学院学报,1994,17(4):462-469.
- [6] 申双和,李胜利. 一种改进的土壤水分平衡模式. 南京气象学院学报,1998,24(6):17-21.
- [7] 龚元石. 冬小麦和夏玉米农田土壤分层水分平衡模型. 北京农业大学学报,1995,21(1):61-67.
- [8] 申双和,周英. 农田土壤水分的随机模拟和预测. 南京气象学院学报,1993,16(3):324-328.
- [9] 左志燕. 我国东部春季土壤湿度影响夏季降水. 中国气象科学研究院年报,1997:20-21.
- [10] 刘可群,刘志雄,梁益同,等. 基于前期有效降水推算耕作层土壤湿度的方法. 中国农业气象,2009,30(3):365-369.
- [11] 陈斌,丁裕国,刘晶森. 土壤湿度的一种统计预报模型初步试验. 气象科学,2005,25(3):232-236.
- [12] 李新辉,宋小宁,周霞. 半干旱区土壤湿度遥感监测方法研究. 地理与地理信息科学,2010,26(1):90-93.
- [13] Eiko N, Mark A S, Jan K S, et al. Resistance modeling of ammonia exchange over oilseed rape. *Agricultural and Forest Meteorology*,2000,105:405-425.
- [14] Nemitz E, Sutton M A, Gut A, et al. Sources and sinks of ammonia within an oilseed rape canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*,2000,105:385-404.
- [15] 赵艳霞,王馥棠,裘国旺. 冬小麦干旱识别和预测模型研究. 应用气象学报,2001,12(2):234-241.
- [16] 魏凤英. 华北干旱的多时间尺度组合预测模型. 应用气象学报,2003,14(5):585-592.
- [17] 刘建栋,王馥棠,于强,等. 华北地区农业干旱预测模型及其应用研究. 应用气象学报,2003,14(5):593-604.
- [18] 孙家民,黄朝迎. 中国农业气候年景的评估及预测. 应用气象学报,2005,16(增刊):111-115.
- [19] 李巧萍,丁一江,董文杰. 土壤湿度异常对区域短期气候影响的数值模拟试验. 应用气象学报,2007,18(1):1-11.
- [20] 周秉荣,李凤霞,申双和,等. 从MODIS资料提取土壤湿度信息的主成分分析方法. 应用气象学报,2009,20(1):114-118.

The Soil Moisture Predictive Model Based on the Precipitation in North China

Wang Shanshan¹⁾ Han Lijuan²⁾ Cui Hengjian¹⁾ Yang Hua³⁾

¹⁾ (School of Mathematics, Beijing Normal University, Beijing 100875)

²⁾ (National Meteorological Center, Beijing 100081)

³⁾ (State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Jointly Sponsored by Beijing Normal University and the IRSA, CAS, Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, School of Geography and Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract

A better soil moisture predictive model for North China can enhance the accuracy of drought forecast, which will have great significance in predicting the extent and distribution of drought, playing an important role in taking positive and active measures for drought in time. It is well acknowledged that one of the key points and difficult points in research on dry farming is the change of soil moisture, which is influenced by various factors, such as rainfall, evaporation, the time of sunshine, the kind and texture of soil and so on. Of all the factors, the amount of rainfall is one of the most important factors, which contributes a lot to the change of the soil moisture, deserves more and more attentions to study their relationships.

A random variable's mechanism-rational model is therefore introduced, and the meteorological data in North China during 2000 to 2008 is analyzed, taking the atmosphere precipitation as random variable as well as its delay effect, employing the regression method to set up the soil relative moisture predictive model, which is effective for ten days. 10-cm and 20-cm soil relative moisture predictive models for the 55 stations in the north of China are established, but only the fitting results of 10 stations are given, and their fitness accuracy (the Pearson correlation coefficient) is all above 60%. Meanwhile, the efficiency of this model is verified with soil moisture data of 2009 by means of the two indexes, indicating that all of the forecasting rates are above 90% and most of the drought prediction rates are above 70%, therefore a series of objective, dynamic soil moisture predictive method is established. The fitting graphs and the graphs of 95% confidence interval are also given for the 10 stations, from which the feasibility of this method can be verified. The method provides a new support for the prediction of the soil moisture in the field.

The method can extend to every station in the country to set up local unique models. Though this approach is only tentative experiment, it is a success according to the results of fitting and prediction. Moreover, the model involves 10-day rainfall delay effect, whose prediction is effective for 10 days. With the extension of rainfall stations in the country, it is easier to get the daily observations of the rainfall, and it is possible to conduct continuous prediction for the soil moisture with the method, which will have far-reaching influence on the dry farming research.

Key words: soil moisture; soil water storage saturation; precipitation delay effect; non-linearity regression