

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2014.03.008

降水预报准确度分析及其在提高降水利用率中的作用

张星星^{1,2}, 朱成立^{2,3}, 彭世彰¹, 罗玉峰^{1,3}

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098;
3. 河海大学南方地区高效灌排与农业水土环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要: 为提高降水利用率, 以南京地区为例, 搜集了中央气象台 2011 年 6 月 26 日至 10 月 28 日南京市未来 4 d 降雨预报值及南京气象站实测降雨数据, 分析各等级降雨预报的准确度及其在水稻灌溉决策中的应用。结果表明: 无雨和小雨预报时准确度较高, 如达到灌溉标准的下限可直接按计算灌水定额实施灌溉; 预报为中雨和大雨时, 实际发生降雨的概率较高, 因此可适当推迟 2 d 进行灌溉; 如果没有降雨或者降雨不能满足作物生长需要, 则可进行补充灌溉。

关键词: 水稻灌溉; 节水灌溉; 降雨预报准确性; 灌溉决策; 南京地区

中图分类号: S275.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2014)03-0230-04

Accuracy analysis of rainfall forecast and its application to improvement of utilization rate of rainfall

ZHANG Xingxing^{1, 2}, ZHU Chengli^{2, 3}, PENG Shizhang¹, LUO Yufeng^{1, 3}

(1. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;*
2. *College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;*
3. *Key Laboratory of Efficient Irrigation-Drainage and Agricultural Soil-Water Environment in Southern China, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: In order to improve the utilization rate of rainfall in Nanjing City, rainfall data forecasted by the National Meteorological Center over a forthcoming four-day period and observed rainfall data from the Nanjing Meteorological Station for the period from June 26 to October 28, 2011 were collected. The accuracy of rainfall forecasts and their applications to rice irrigation decision-making were analyzed. The results show that the accuracy was high in forecasting light rainfall and no rainfall, and the calculated irrigation water could be applied with a low risk of wasting irrigation water. When moderate rainfall and heavy rainfall were forecasted, there was a high probability of the occurrence of rainfall, and two-day delayed irrigation could be applied. Supplementary irrigation could be applied if there was no rainfall or if the rainfall could not meet the requirements of crop growth.

Key words: rice irrigation; water-saving irrigation; rainfall forecast accuracy; irrigation decision-making; Nanjing City

水稻是我国第一大粮食作物, 产量约占全国粮食总产量的 38%^[1]。考虑到日益严重的缺水问题, 推行节水灌溉意义重大^[2]。在节水灌溉实践中, 最大限度地有效利用降水已被认为是一个有效的节水灌溉策略^[3]。近年来, 历史降水的统计特征已经广泛应用于灌溉规划、中长期灌溉管理中, 但如何根据历史降水规律指导日常灌溉方面的决策研究尚有待深入。天气预报数据近年来越来越多地用于预报作物蒸发蒸腾

收稿日期: 2013-04-08

基金项目: 国家自然科学基金(51179048); “十二五”国家科技支撑计划(2011BAD25B07); 河海大学中央高校基本科研业务费项目(2011B02214)

作者简介: 张星星(1987—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: 904071383@qq.com

通信作者: 罗玉峰, 副研究员。E-mail: yfluo@hhu.edu.cn

量^[4-8]和灌溉制度的实时制定^[9-10]。谭志强等^[11]认为西南地区秋季降水量呈减少趋势主要是由于降水年际变化引起的。钱国萍等^[12]将未来 3~4 d 的降雨趋势分为 4 个降雨等级,根据降雨等级确定农田灌溉水量。荣艳淑等^[13]分析了淮河流域极端降水特征及不同重现期降水量估计,为进一步提高降水有效利用率奠定基础。考虑到灌溉风险的不确定性,为了提高灌溉决策水平,本文选择南京市淳东灌区为研究地点,利用降雨预报信息制定灌区水稻生育敏感期灌溉决策,提高降雨的有效利用,达到节水灌溉的目的。

1 数据和方法

1.1 数据

南京市淳东灌区位于北纬 32°04′、东经 118°47′,地处我国东南部的长江下游,属亚热带湿润气候区,四季分明,雨量充沛,年平均气温 15.4°,年均降水量 1 106 mm。本文选用 2011 年 6 月 26 日至 10 月 28 日中央气象台发布的南京市未来 4 d 降雨预报信息和南京气象站实测降雨数据^[14]进行各等级降雨预报准确性及预报时实际发生的降雨量分析。

1.2 方法

按照水文部门对降雨等级的划分,降雨分为无雨、小雨、中雨、大雨、暴雨和大暴雨进行统计,降雨等级划分见表 1。根据表 1 所示的降雨等级划分标准,采用统计学方法,计算南京市淳东灌区未来 4 d 不同等级降雨预报的概率(准确率、空报率和漏报率)和各等级降雨预报时实际发生不同降雨等级的概率,结合水稻生育期需水状况制定出相应的灌溉决策。

不同等级降雨量预报准确率 α 、空报率 β 、漏报率 γ 计算公式如下:

$$\alpha = \frac{r}{m} \times 100\%$$
 (1)

$$\beta = \frac{s}{m} \times 100\%$$
 (2)

$$\gamma = \frac{t}{m} \times 100\%$$
 (3)

表 1 降雨分级

Table 1 Rainfall classification

等级	降雨量/mm	等级	降雨量/mm
无雨	0	大雨	25.1~50
小雨	0.1~10	暴雨	50.1~100
中雨	10.1~25	大暴雨	100.1~200

式中: r ——预报准确次数; m ——预报次数; s ——实际降雨量小于预报等级区域下限值的次数; t ——实际降雨量大于预报等级区域上限值的次数。

2 结果与分析

2.1 实测逐日降雨统计

南京地区 2011 年水稻生育期各等级降雨的天数及雨量统计见表 2。总体来说,南京地区 2011 年水稻生育期降水量为 838.0 mm,平均 2.4 d 降雨 1 次。从逐日降雨过程(图 1)来看,除 7 月 19 日特大暴雨后又遇大雨、8 月

表 2 各等级降雨的天数及雨量统计

Table 2 Statistics of number of rain days and rainfall amounts

降雨等级	降雨天数/d	降雨天数比例/%	降雨量/mm	降雨量比例/%
无雨	75	58.1	0	0
小雨	32	24.8	65.9	7.9
中雨	14	10.9	214.6	25.6
大雨	3	2.3	100.3	12.0
暴雨	3	2.3	226.2	27.0
大暴雨	2	1.6	231.0	27.6

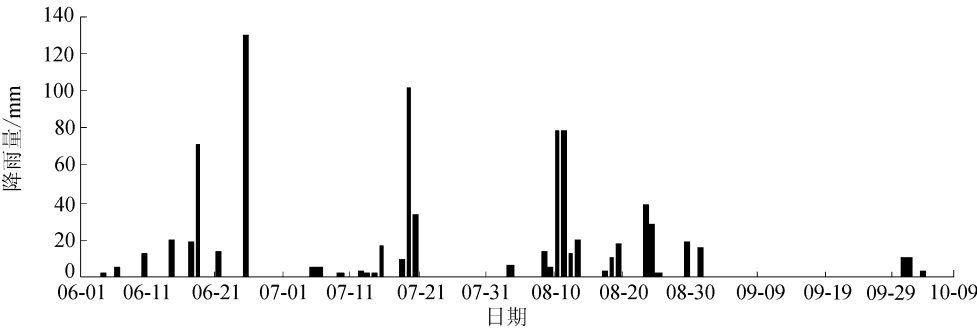


图 1 南京市淳东灌区 2011 年水稻生育期逐日降水量

Fig. 1 Daily rainfall measured in chundong irrigation area in Nanjing City during rice growth season in 2011

11—12 日连续 2 d 暴雨不利于降水的利用外,其余降水分布相对均匀,有利于提高降水利用率,特别是 6 月 25 日大暴雨之前和之后的几天无大的降雨。最有利于降水利用的中雨天数约占整个水稻生育期雨量的 1/4。实测降雨统计结果表明,如果决策得当,有可能提高降水利用率,达到节约灌溉用水的目的。

2.2 降雨预报准确度分析及其应用

2.2.1 无雨预报

无雨预报时实际降雨概率见表 3。由表 3 可见,预见期内无雨预报平均准确率相当高,可达 77.1%,且随预见期增加,无雨预报准确率呈降低的趋势,其中无雨的平均漏报率为 22.9%。无雨预报时实际发生无雨和小雨的概率很高,平均达 91.4%,即实际发生中雨及以上量级降雨的概率仅为 8.6%。因此,当预报未来 4 d 无雨且稻田达到需要灌溉的下限时,即可按所需的灌溉定额进行灌溉。这种情况下出现灌后遇中雨以上降雨的概率较小,可避免灌水浪费;如下小雨也基本不至于需要排水,可形成有效降水。

表 3 无雨预报、小雨预报、中雨预报时实际降雨概率

Table 3 Actual rainfall probabilities when no rainfall, light rainfall, and moderate rainfall were forecasted %											
预见期/ d	无雨预报			小雨预报				中雨预报			
	无雨 概率	无雨和 小雨概率	中雨及以上 降雨概率	无雨 概率	小雨 概率	中雨 概率	大雨及以上 降雨概率	无雨 概率	小雨 概率	中雨 概率	大雨及以上 降雨概率
1	80.0	94.0	6.0	50.0	34.5	8.6	6.9	40.0	10.0	30.0	20.0
2	83.6	92.7	7.3	45.1	39.2	9.8	5.9	36.4	18.1	27.3	18.2
3	78.0	94.0	6.0	46.3	31.3	10.5	11.9	20.0	20.0	40.0	20.0
4	66.7	85.0	15.0	45.8	32.2	11.8	10.2	42.9	42.9	0.0	14.3

2.2.2 小雨预报

小雨预报时实际发生降雨的概率见表 3。与无雨预报相比,小雨预报准确率相对较低,平均为 34.3%。小雨预报时实际发生小雨或无雨的概率很高,平均为 81.1%,其中小雨预报的空报率为 46.8%,漏报率为 18.9%。小雨预报准确率、漏报率、空报率在预见期 1~4 d 内均无明显的变化趋势,说明小雨预报准确率不因预见期变化而变化。实际发生大雨及以上降雨的概率平均仅 8.7%。因此,当预报未来 4 d 有小雨时,可按常规的灌水量进行灌溉,也可适当地降低灌水量,从而在一定程度上降低水稻受旱的风险,同时也可避免较大的灌水浪费,达到提高降水利用率和确保农作物产量平衡的目的。

2.2.3 中雨预报

中雨预报时实际降雨的概率统计见表 3。由计算结果可知,中雨预报准确率平均为 24.3%,空报率达 57.6%,漏报率平均为 18.1%,实际降雨的概率较高(为 65.2%),即预报中雨有一定的准确度,发生小雨和大雨及以上量级的降水也有一定的可能性。因此预报为中雨时,如果水稻处于非需水敏感期,可推迟灌溉;对于需水敏感期的水稻,可推迟 2 d 灌溉,如果没有降雨或者降雨较少可以补充灌溉。

2.2.4 大雨预报

大雨预报时实际发生降雨的概率统计见表 4。由表 4 可见,大雨预报的准确率仅为 11.7%。大雨空报率平均达 58.4%,漏报率平均为 15.9%。但预报大雨时,发生中雨及以上降雨的概率相当大(达 81.6%),无雨或小雨的概率较低(仅为 18.4%)。因此,预报有大雨时,可适当推迟 2 d 进行灌溉,如果没有降雨或者降雨不能满足作物生长需要可以进行补充灌溉,这样既减少灌后遇雨造成的灌溉水浪费,也可避免作物遇旱的风险。

表 4 大雨预报、暴雨预报时实际降雨概率

Table 4 Actual rainfall probabilities when heavy rainfall and rainstorm were forecasted %							
预见期/ d	大雨预报				暴雨预报		
	无雨及小雨 概率	中雨 概率	大雨 概率	大雨以上 降雨概率	暴雨以下 概率	暴雨 概率	暴雨以上 概率
1	22.2	33.3	0.0	18.2	0.0	100.0	0.0
2	18.2	36.4	18.2	16.7	100.0	0.0	0.0
3	0.0	57.1	28.6	28.6			
4	33.3	33.3	0.0	0.0			

2.2.5 暴雨预报

由表 4 可知,对于暴雨,预见期第 1 天预报准确,第 2 天实际发生暴雨及以下量级降雨的概率为 0,预见

期 3~4 d 均无暴雨预报,因而也没有空报率可以统计。由于水稻生育期内南京暴雨预报次数相当少,因此关于水稻灌溉决策的研究有待搜集更多数据。

3 结 语

以南京市淳东灌区 1 个站点 1 个生育期的数据为例来说明降水预报准确度及其在提高降水利用率中的作用,统计样本偏少,以频率代替概率在数学上并不严格,但这样的尝试性定量分析仍是有益的。水稻作为我国的第一大粮食作物,主要种植在南方湿润区,其灌溉用水量占南方总灌溉用水量的 90% 以上^[1]。虽然南方湿润区水资源相对丰富,但随着社会经济的不断发展和生态环境的持续恶化,水资源供需矛盾越来越紧张,为保障粮食安全,我国水稻生产必须节水。经南京市淳东灌区降雨预报准确性初步分析,表明分级降雨预报中,预见期内无雨预报准确率最高,平均可达 77.1%。无雨预报时发生无雨和小雨的概率更高,平均为 91.4%。小雨预报的准确率与无雨预报相比较低,仅为 34.3%,但实际发生无雨和小雨的概率比较高,平均为 81.1%。中雨预报平均准确率为 24.3%,发生无雨或小雨的概率也较高,达 57.6%。大雨及以上次数较少,准确率较低,但预报大雨时,发生中雨及以上雨量的概率相当大,达 81.6%。

当预报为无雨或小雨时,如达到灌溉标准的下限则可直接按计算灌水定额实施灌溉;预报为中雨和大雨时,非需水敏感期暂不灌溉,需水敏感期在不影响作物生长的前提下,可适当推迟灌溉时间,若没有降雨或者降雨不满足作物生长需要时可以补充灌溉,这样既可以降低灌后遇雨形成的灌水浪费,也可避免因降雨空报造成应灌未灌从而使作物受旱减产。

参考文献:

[1] 中华人民共和国农业部. 新中国农业 60 年统计资料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.

[2] 茆智. 水稻节水灌溉[J]. 中国农村水利水电, 1997(4): 45-47. (MAO Zhi. Water saving irrigation of rice[J]. China Rural Water and Hydropower, 1997(4): 45-47. (in Chinese))

[3] 徐凤琴. 有效降水量浅析[J]. 气象水文海洋仪器, 2009(1): 96-100. (XU Fengqin. Concise analysis of effective precipitation [J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2009(1): 96-100. (in Chinese))

[4] 蔡甲冰, 刘钰, 雷廷武, 等. 根据天气预报估算参照腾发量的模型神经网络方法[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 108-111. (CAI Jiabing, LIU Yu, LEI Tingwu, et al. Daily reference evapotran spiration estimation from weather forecast messages-the ANFIS method[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(12): 108-111. (in Chinese))

[5] CAI Jiabing, LIU Yu, LEI Tingwu, et al. Estimating reference evapotranspiration with the FAO Penman-Monteith Equation using daily weather forecast messages[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2007, 145(1/2): 22-35.

[6] 徐俊增, 彭世彰, 张瑞美. 基于天气预报的参考作物蒸发蒸腾量的神经网络预测模型[J]. 水利学报, 2006, 37(3): 376-379. (XU Junzeng, PENG Shizhang, ZHANG Ruimei. Neural network model for reference crop evapotranspiration prediction based on weather forecast[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(3): 376-379. (in Chinese))

[7] 迟道才, 王晓瑜, 周彬, 等. 基于天气预报改进模型 ET_0 实时预报应用[J]. 人民长江, 2008, 39(8): 5-7. (CHI Daocai, WANG Xiaoyu, ZHOU Bin, et al. Application of ET_0 real-time forecasting model based on weather forecast[J]. Yangtze River, 2008, 39(8): 5-7. (in Chinese))

[8] ISHAK A M, BRAY M, REMESAN R, et al. Estimating reference evapotranspiration using numerical weather modeling[J]. Hydrological Processes, 2010, 24: 3490-3509.

[9] GOWING J W, EJIEJI C J. Real-time scheduling of supplemental irrigation for potatoes using a decision model and short-term weather forecasts[J]. Agricultural Water Management, 2001, 47: 137-153.

[10] 茆智, 李远华, 李会昌. 实时灌溉预报[J]. 中国工程科学, 2002, 4(5): 25-31. (MAO Zhi, LI Yuanhua, LI Huichang. Real-time forecast of irrigation[J]. Engineering Science, 2002, 4(5): 25-31. (in Chinese))

[11] 谭志强, 余锦华. 西南秋季降水及其影响要素的气候变化特征[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2012, 40(1): 141-147. (TAN Zhiqiang, SHE Jinhua. Characteristics of autumn rainfall with climate change and its impact factors in Southwest China [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2012, 40(1): 141-147. (in Chinese))

[12] 钱国萍, 曹乃和, 陆葆跃, 等. 水稻耗水规律及节水灌溉技术的试验研究[J]. 气象, 2002, 28(7): 22-25. (QIAN Guoping, CAO Naihe, LU Baoyue, et al. Experimental study on law of water consumption and technique of water-saving irrigation for rice [J]. Meteorological Monthly, 2002, 28(7): 22-25. (in Chinese))

[13] 荣艳淑, 王文, 王鹏, 等. 淮河流域极端降水特征及不同重现期降水量估计[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2012, 40(1): 1-8. (RONG Yanshu, WANG Wen, WANG Peng, et al. Analysis of characteristics of extreme rainfall and estimate of rainfall during return periods in Huaihe Basin[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2012, 40(1): 1-8. (in Chinese))

[14] 中国气象局. 中国地面气候资料日值数据集[EB/OL]. [2011-06-26—2011-10-28]. <http://cdc.cma.gov.cn>.