

万荣县麦田土壤干旱研究

张高斌^{1,2}, 郭建茂², 宁建东¹, 樊成岗¹

(1. 山西省万荣县气象局, 山西 万荣 044200; 2. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044)

摘要: 万荣县气象局 1964—2008 年 0~100 cm 各旬旱地麦田土壤湿度资料分析表明, 小麦生育期的耕作层土壤相对湿度有下降趋势, 特别是拔节抽穗期土壤相对湿度下降 $4.9\% \cdot 10a^{-1}$, 作物旱情指标 K_d 和作物水分亏缺率 G 也显示拔节抽穗期干旱化明显。另外, 冬前和越冬期分蘖数增大。土壤干旱的综合原因是降水量(特别是夏季)减少、冬前和越冬期作物系数增大和四月日照不显著增多引起的参考作物蒸散增加。拔节抽穗期有明显的干旱化趋势。

关键词: 土壤干旱; 旱情指标; 分蘖

中图分类号: S152.7; S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7601(2013)02-0236-05

Study of soil drought of winter wheat field in Wanrong

ZHANG Gao-bin^{1,2}, GUO Jian-mao², NING Jian-dong¹, FAN Cheng-gang¹

(1. Wanrong Meteorological Bureau, Wanrong, Shanxi 044200, China;

2. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China)

Abstract: The soil moisture change of winter wheat field in Wanrong is analyzed using the observed data from Wanrong meteorological station during the period of 1964—2008. soil relative humidity of plough horizon in developmental stages showed a declining trend, especially in elongation heading period at rate of $-4.9\%/10a$, the crop drought index K_d and the crop water deficit index G in elongation heading period also show soil drought significantly, and the increasing of tiller number in sowing-wintering and wintering-reviving lead to increasing crop coefficient. the soil drought is caused by precipitation (especially in summer) reduction, crop coefficient increased before and during wintering, the increasing reference crop evapotranspiration is caused by no-significant sunshine increase in April. All these reason leading to significant trend of soil drought in elongation heading period.

Keywords: soil drought; drought index; tillering

万荣县属于山西省运城市, 海拔高度 400~800 m, 是山西晋南黄土丘陵旱塬的一部分。地下水源奇缺, 大部分为旱地, 是典型的雨养农业大县, 素有“千万荣”之称。干旱是影响万荣县冬小麦最主要的气象灾害, 特别是进入 21 世纪, 冬小麦生育期土壤干旱严重^[1], 已引起旱地冬小麦产量下降^[2]。本文对万荣县土壤相对湿度、干旱指数和作物系数作了研究, 来分析产生干旱的原因。

1 资料和研究方法

采用万荣县气象局 1964—2008 年 0~100 cm 各

旬旱地麦田土壤湿度资料和 1981—2008 年小麦生育期观测资料。采用 FAO 推荐的 Penman - Monteith 98 公式计算参考作物蒸散, 应用趋势分析法分析多年干旱指标和作物系数的线性趋势倾向。

由于取土日期多为每月逢 8、18、28 日, 一般不与发育期相逢, 根据多年小麦发育期平均值将小麦生育期简单地划分为播种期(9 月 28 日—10 月 8 日)、冬前(10 月 8 日—12 月 8 日)、越冬期(上年 12 月 18 日—2 月 8 日)、春季拔节前(2 月 18 日—3 月 28 日)、拔节抽穗期(4 月 8 日—5 月 8 日)、扬花灌浆期(5 月 18 日—6 月 8 日)五个阶段。

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 公益性行业科研专项(气象)(GYHY200906021): 农用天气预报关键技术研究

作者简介: 张高斌(1968—), 男, 山西稷山人, 硕士, 工程师, 主要从事干旱、农业气象、气象服务工作。E-mail: zhanggaobin2006@126.com。

2 耕作层土壤相对湿度的变化

本文选择土壤相对湿度作为研究干旱的标准。对小麦播种期的干旱主要考虑 0~10 cm 土层,其他生育期考虑 0~30 cm 耕作层。播种期的干旱影响小麦正常播种和出苗,干旱严重时造成不能顺利播种和出苗,缺苗断垄现象严重,对产量影响较大。另外耕作层对小麦影响较大,尤其在小麦苗期到拔节前,可以反映一般冬小麦干旱的情况。参照《小麦干旱灾害等级》^[3]制定的万荣县土壤干旱标准见表 1。

表 1 土壤干旱标准与土壤相对湿度
Table 1 Criterion of soil drought and soil relative humidity

等级 Degree	类型 Type	土壤相对湿度 $R/\%$ Soil relative humidity
1	无旱 No drought	$R > 60$
2	轻旱 Light drought	$50 < R \leq 60$
3	中旱 Moderate drought	$40 < R \leq 50$
4	重旱 Severe drought	$30 < R \leq 40$
5	特旱 Serious drought	$R \leq 30$

2.1 小麦播种期(9月28日—10月8日)0~10 cm 土壤相对湿度

1964—2008 年出现轻旱 8 次占 18%,中旱 3 次

占 7%,重旱 1 次(1994 年)占 2%。1964—2008 年小麦播种期(9 月 28 日—10 月 8 日)10 cm 土壤湿度有下降趋势。

2.2 生育期耕作层土壤相对湿度

1) 出苗后到越冬开始期(10 月 18 日—12 月 8 日)0~30 cm 土壤湿度。

越冬前干旱可引起苗弱、土壤翘虚,严重的可能死苗。其中 1983—1985 年土壤湿度连续较高,但近几年(2004—2008 年)出苗后到越冬开始期 0~30 cm 土壤湿度一直偏低。1964—2008 年出现轻旱 13 次,占 29%。

2) 小麦春季拔节前 10~30 cm 土壤湿度。

小麦春季拔节前干旱可引起返青困难,发育期推迟,从而影响小穗分化和春季分蘖的增加。对多年冬小麦返青期分析,发现返青期时间跨度较大。小麦春季拔节前 10~30 cm 土壤湿度也有下降趋势。1964—2008 年出现轻旱 11 次,占 24%,中旱 6 次占 13%,另外发现 1977—1981 年连续偏低。

3) 拔节抽穗期 10~30 cm 土壤湿度。

小麦拔节抽穗期 10~30 cm 土壤湿度有下降趋势(见图 1)。1964—2008 年出现轻旱 12 次占 27%,中旱 11 次占 24%,重旱 10 次占 22%,特旱 3 次占 7%。小麦拔节抽穗期干旱引起有效茎数下降。

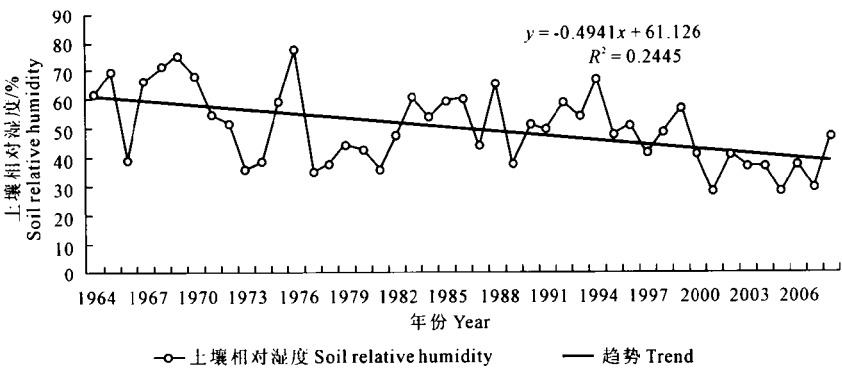


图 1 历年拔节抽穗期 0~30 cm 相对湿度变化

Fig. 1 The oscillation of soil relative humidity in 0~30 cm depth at jointing and heading stages from 1964—2006

4) 小麦灌浆成熟期(5 月 18 日—6 月 8 日)0~30 cm 土壤相对湿度。

小麦灌浆成熟期干旱可引起叶片早衰、千粒重下降。1964—2008 年出现轻旱 2 次占 4%,中旱 10 次占 22%,重旱 12 次占 27%,特旱 10 次占 22%。另外,发现 1972—1982 年小麦灌浆成熟期相对湿度持续较低,1983—1987 年小麦灌浆成熟期相对湿度连续较高。

通过分析可得表 2、表 3。对照表 2 与图 1 可

见,各阶段土壤相对湿度有下降趋势,拔节抽穗期 0~30 cm 和播种期 0~10 cm 土壤相对湿度下降明显,特别是拔节抽穗期土壤相对湿度下降 $4.9\% \cdot 10a^{-1}$,干旱明显。由表 3 可见,出苗后到越冬开始期和春季拔节前 0~30 cm 一些年份出现轻到中旱,但拔节抽穗期和灌浆成熟期 0~30 cm 80% 年份左右会出现干旱,随冬小麦的生长发育其耗水量增加,土壤水分逐渐不能满足作物需水,因而逐渐表现出干旱症状,干旱发生的次数越来越多,干旱的程度

也在加重。

表 2 各阶段土壤湿度的变化趋势
Table 2 Soil moisture trend at different stages

项目 Item	播种期 Sowing	出苗后到 越冬开始期 Seedling to initial wintering	春季拔节前期 Before jointing in spring	拔节抽穗期 Jointing to heading	灌浆成熟期 Filling to maturity
相关性质 Related properties	负相关 Negative correlation	负相关 Negative correlation	负相关 Negative correlation	负相关 Negative correlation	负相关 Negative correlation
相关系数 Correlation coefficient	0.3959	0.2227	0.2934	0.4945	0.0843
通过信度 Reliability	0.0100	0.2000	0.1000	0.0010	没有通过 Not passed

表 3 各时段旱情情况
Table 3 Drought condition at different stages

旱情 Drought	播种期 Sowing		出苗后到越冬开始期 Seedling to initial wintering		春季拔节前期 Before jointing in spring		拔节抽穗期 Jointing to heading		灌浆成熟期 Filling to maturity	
轻旱 Light drought	8	18%	13	29%	11	24%	12	27%	2	4%
中旱 Moderate drought	3	7%	—	—	6	13%	11	24%	10	22%
重旱 Severe drought	1	2%	—	—	—	—	10	22%	12	27%
特旱 Serious drought	—	—	—	—	—	—	3	7%	10	22%
旱情合计 Drought in total	12	27%	13	29%	17	38%	36	80%	34	76%

3 拔节抽穗期干旱分析

3.1 作物旱情指标 K_d ^[4-5]

$K_d = (P + G + W_1 - W_0 + I) / [(W_2 - W_0) + ET]$
式中, K_d 为作物旱情指标; G 为相应时段内地下水补给量; W_1 为时段初作物根系活动层内土壤含水量; W_2 为时段末作物根系活动层内土壤适宜含水量; W_0 为作物根系活动层内土壤凋萎含水量; I 为时段内灌溉水量; ET 为时段内充分供水条件下作

物潜在需水量。对万荣县旱地来说相应时段内地下水补给量 G 为零,时段内灌溉水量 I 为零, ET 为时段内充分供水条件下作物潜在需水量。 ET 用 $E = K_c \times ET_0$ 公式计算得来, ET_0 为参考作物蒸散量,采用联合国粮农组织推荐的 FAO Penman - Monteith 公式求得。 K_c 暂且根据小麦干旱灾害等级标准取中期阶段平均值 1.13。
万荣县拔节抽穗期多年的作物旱情指标 K_d 变化如图 2。

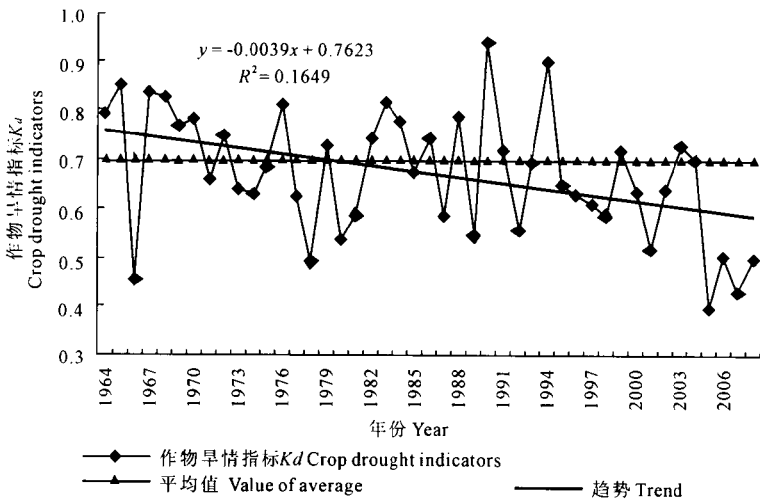


图 2 历年拔节抽穗期作物旱情指标 K_d 变化情况
Fig.2 Crop drought indicators at jointing and heading stages from 1964—2006

由图 2 可知,作物旱情指标 K_d 呈下降趋势,1964—1970 年(除 1966 年外)干旱指标 K_d 值较高,1971—1994 年 K_d 值出现波动,1987—1994 年波动幅度更大,1982—1984 年 K_d 值较高;1995 年后 K_d 值下降明显,只有 1999 年、2003 年、2004 年接近平均值 0.7,其它年份小于平均值,特别是 2005—2008 年下降明显, K_d 值在 0.5 左右,其相关系数 R 通过 0.01 检验,说明土壤干旱化趋势明显。

3.2 作物水分亏缺率 G

用实际耗水量与潜在最大需水量之比来表示作物干旱的指标称为作物缺水指标。作物缺水指标反映了土壤、植物、气象三方面因素的综合影响,能比较真实地反映出作物水分亏缺状况,是常用的作物干旱诊断指标。依据农田水分平衡原理,小麦生育阶段的水分亏缺率^[3]可以描述为小麦生育阶段的自然供水量与需水量的差占需水量的百分比的值。

小麦某一生育阶段的作物水分亏缺率^[3]计算:

$$G = \frac{W - E}{E} \times 100\%$$
 (1)

式中, G 小麦生育阶段的水分亏缺率(%); W 小麦生育阶段的自然供水量(mm),包括三部分:生育阶段内的土壤有效底墒、有效降水量和地下水供给量。计算公式为:

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$
 (2)

式中, W_1 为小麦生育阶段内的土壤有效底墒(mm); W_2 为小麦生育阶段内的有效降水量(mm); W_3 为小麦生育阶段内的地下水供给量(mm); E 为小麦生育阶段的需水量(mm)。

小麦生育阶段的需水量由于构成植株体的水量与蒸腾、棵间蒸发量相比很小,在实际计算小麦生育阶段的需水量中可忽略不计;可简化为植株蒸腾量与棵间蒸发量之和。

小麦某一生育阶段的需水量计算公式:

$$E = K_c \times ET_0$$
 (3)

式中, K_c 为作物系数, ET_0 为可能蒸散量,采用联合国粮农组织推荐的 FAO Penman - Monteith 公式求得,单位为 mm。

对万荣县拔节抽穗期干旱情况进行分析,多年的作物水分亏缺率 G 如图 3。由图 3 可知,作物水分亏缺率 G 呈下降趋势,其相关系数通过了 0.001 检验,下降趋势明显,1964—1970 年(除 1966 年外)水分亏缺率 G 较高,1971—1996 年出现波动,1977—1981 年连续较低,1982—1986 年连续较高,1997 年后水分亏缺率 G 下降明显,近几年达到中、重旱标准(见表 4)。可见,拔节抽穗期干旱越来越严重。

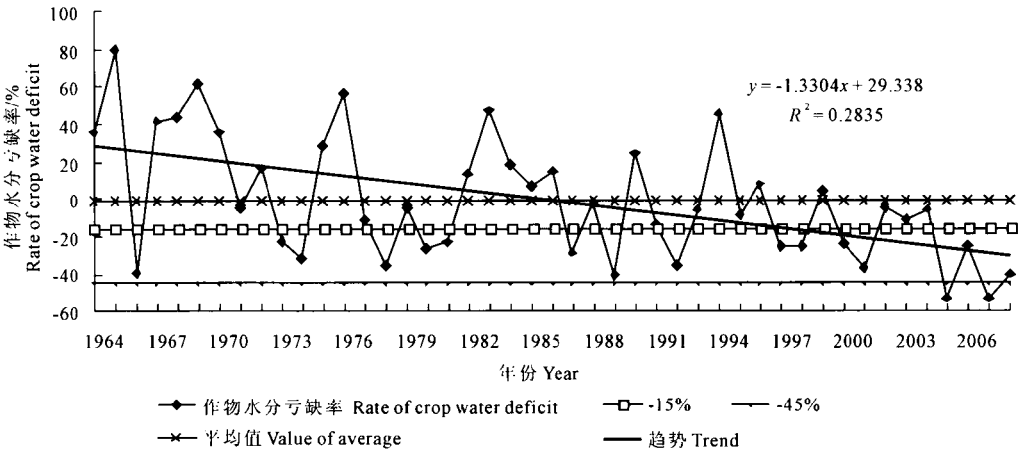


图 3 历年拔节抽穗期作物水分亏缺率 G 的变化
Fig.3 Crop water deficit rate G at jointing and heading stages over the years

表 4 不同小麦干旱灾害等级作物水分亏缺率 G 指标
Table 4 Corresponding wheat drought disaster level to water deficit index G /%

因子 Factor	时段 Stage	等 级 Degree			
		轻旱 Light drought	中旱 Moderate drought	重旱 Severe drought	严重干旱 Serious drought
作物水分亏缺率 G Crop water deficit rate G /%	拔节—抽穗期 Jointing - heading	$G < 15$	$15 \leq G < 45$	$45 \leq G < 70$	$G \geq 70$

用作物旱情指标 K_d 和作物水分亏缺率 G 对拔节抽穗期的冬小麦需水关键期的旱情进行分析, 干旱化趋势明显。这可能跟四月份降水减少和日照不显性增加^[6-7]导致参考作物蒸散略有增加的趋势有关。

4 小麦分蘖及作物系数

根据 1981—2008 年小麦生育期观测资料, 可以看出越冬期和返青期分蘖数明显增长, 见图 4。作物系数 K_c 是指不同发育期中作物需水量 ET 和参考作物需水量 ET_0 的比值。 K_c 与品种、生育期、作物的群体叶面积指数等因素有关。分蘖数增长, 叶面积增加, 会引起作物系数变大。

播种—返青期由于处于小麦幼苗期, 蒸散发生在 0~100 cm 以内。而 1964—2008 年出苗后到越冬开始期 0~30 cm 土壤湿度出现轻旱 13 次占 29%, 干旱几率相对较少。根据土壤湿度观测数据计算出农田蒸散量, 除以相应时段的参考作物蒸散量, 计算出作物系数 K_c , 发现 K_c 呈一定增加趋势^[6]。

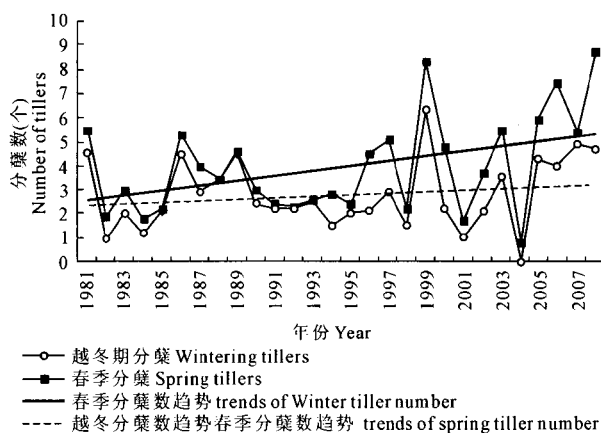


图 4 1981—2008 年越冬期及返青期分蘖数的变化

Fig.4 Tiller number at wintering and reviving stages from 1981—2008

5 结论与讨论

利用土壤相对湿度指标分析播种期及其它生育

期的干旱情况; 用作物旱情指标 K_d 和作物水分亏缺率 G 对拔节抽穗期(冬小麦需水关键期)的干旱进行分析; 另外, 对冬前和越冬期作物系数分析, 结果表明:

1) 各阶段土壤相对湿度呈下降趋势, 拔节抽穗期和播种期(特别是拔节抽穗期)下降明显。

2) 用作物旱情指标 K_d 和作物水分亏缺率 G 对拔节抽穗期的冬小麦需水关键期的干旱情况分析, 干旱化趋势明显, 特别近几年下降明显, 这可能跟四月份降水的减少及参考作物蒸散(主要因为日照增加)稍有增加有关。

3) 播种—越冬期和越冬—返青期的分蘖数增大引起作物系数 K_c 变大。

4) 对万荣县气候资料分析结果表明, 造成土壤湿度下降的综合原因为: 降水量(特别是夏季)呈减少趋势^[6,8]; 四月降水减少, 且日照不显著增多引起参考作物蒸散稍有增加; 冬前和越冬期作物系数增大。

参考文献:

- [1] 张高斌, 郭建茂, 吴元芝, 等. 万荣麦田土壤湿度变化及其对产量的影响[J]. 陕西气象, 2011, (6): 1-4.
- [2] 张高斌, 郭建茂, 吴元芝, 等. 山西万荣县近 52a 气候特征及其与参考作物蒸散量和土壤湿度的关系[J]. 干旱气象, 2011, 29 (1): 94-99.
- [3] 中国气象局. 中华人民共和国气象行业标准. 小麦干旱灾害等级[S]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [4] 刘永忠, 李齐霞, 孙万荣, 等. 气候干旱与作物干旱指标体系[J]. 山西农业科学, 2005, 33(3): 50-53.
- [5] 房稳静. 河南省冬小麦干旱灾害风险评估和区划研究[D]. 南京: 南京信息工程大学硕士学位论文, 2006.
- [6] 张高斌. 万荣县麦田土壤水分相关分析以及对产量因素影响的分析[D]. 南京: 南京信息工程大学硕士学位论文, 2011.
- [7] 范晓辉, 郝智文, 王孟本. 山西省近 50 年日照时数时空变化特征研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(3): 605-609.
- [8] 赵桂香, 赵彩萍, 李新生, 等. 近 47 a 来山西省气候变化分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(3): 500-505.