

文章编号 1000-0534(2000)03-0385-06

黑河地区土壤及小麦体内水分 动态观测分析

谢忠奎¹ 王亚军¹ 兰念军² 祁旭升²

(1 中国科学院西北高原生物研究所 青海省西宁市 810000)

(2 甘肃省农科院粮食作物研究所 甘肃省兰州市 730070)

摘要 研究了甘肃黑河地区麦田土壤水分的变化动态。对春小麦不同部位叶片及不同土壤水分的叶水势、气孔导度和蒸腾强度的日变化规律进行了观测和分析。对春小麦叶鞘、叶片和茎水势的变化情况进行了比较。分析了土壤水分对叶水势、气孔导度和蒸腾强度的影响。建立了相对应的函数关系。

关键词 春小麦 土壤水分 叶水势 蒸腾强度 日变化

中图分类号 S512.1⁺2 **文献标识码** A

1 引言

土壤—植物—大气连续体中水分的运动是当今世界上一个重要的研究课题^[1,2],也是黑河(HEIFE)项目BOP观测的一个重要方面。黑河绿洲区大部分地方为作物所覆盖。在同样条件下,田间作物蒸散消耗的水分较裸露地表蒸发的水分要多得多。因此,土壤中的水分经作物向大气扩散^[3],是自然界水分循环的一个重要组成部分。水分由土壤进入植物体,再由植物体向大气蒸散(因为水势梯度的存在),形成了一个反馈过程。作物与土壤中水分运动规律十分复杂,水分在各个环节中运移的机制还远未研究清楚。为了了解土壤和小麦体内水分的动态变化规律及环境因子的影响,探讨土壤湿度与蒸腾强度、叶水势的关系,在黑河地区的张掖对土壤湿度及部分作物水分生理指标进行了观测研究。

2 仪器和方法

麦田土壤水分用503DR中子仪测定,与烘干法相互比较。测定深度为130 cm。测定层次10、20、30、40、60、80、100、120和130 cm。在田间实验小区控制供水形成不同土壤湿度状态。气孔阻力、蒸腾强度用LF1600测定,测叶片正面。叶水势用压力室测定,

收稿日期:1999-01-04; 改回日期:1999-08-10

国家自然科学基金重大项目“HEIFE”研究成果

第一作者简介:谢忠奎,男,1964年11月出生,硕士,副研究员,主要从事作物栽培和节水农业研究

每一水分状态测定 3~4 个植株, 每个植株测定 1 片叶子, 春小麦抽穗前测倒二叶, 抽穗后测旗叶, 从 06:00 或 08:00 开始(北京时, 下同), 每 2 h 测定一次, 18:00 或 20:00 结束, 在个别生育期缩小测定间隔时间, 增加测定次数。气象资料从实验区地面气象站或观测塔上得到。

3 结果与分析

3.1 小麦田土壤水分的变化趋势

土壤含水量主要受供水量与蒸散量的影响^[4,5]。供水量大于蒸散量, 土壤含水量增高, 反之, 则降低。为了分析供水量对土壤湿度的影响, 对麦田不同供水状态下的土壤水分进行了观测。图 1~3 反映了三种典型供水状态下不同层次土壤水分的变化趋势。从图 1 可看出, 生育期间不灌溉, 春小麦蒸散消耗的主要是土壤储水, 使得 0~60 cm 土层的含水量持续降低。到收获期, 这一深度的平均土壤体积含水量仅为 10.8‰。而 60~100 cm 土层的含水量降幅很小。100~130 cm 土层的含水量基本没有变化。

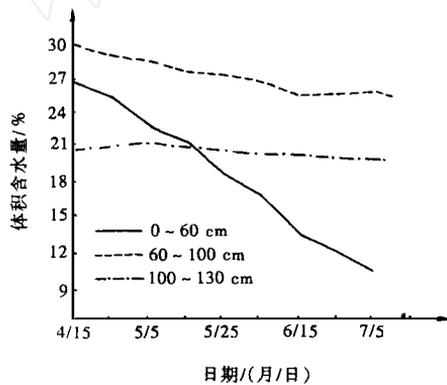


图 1 不灌水条件下的土壤含水量变化
Fig. 1 Soil moisture variation without irrigation in growing season

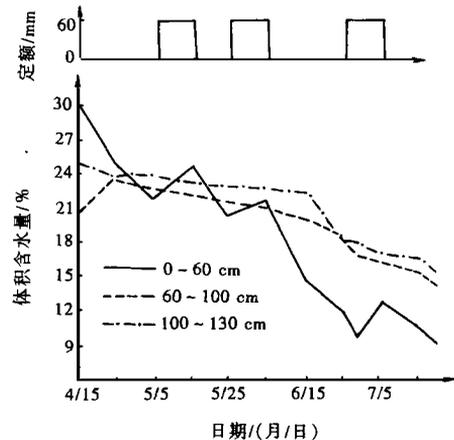


图 2 少量灌水条件下的土壤含水量变化
Fig. 2 Soil moisture variation with a few water supply

图 2 绘出了生育期间少量供水时, 不同层次土壤水分的变化动态。由于每次仅供水 60 mm, 灌溉后 0~60 cm 土层的含水量增高, 60 cm 以下土层受灌水影响很小。小麦生育期间, 水分的大量消耗不仅使 0~60 cm 土层的含水量大幅度降低, 在小麦开花后期 60~130 cm 土层土壤含水量也明显降低。

图 3 说明, 正常供水时, 供水量和蒸散量均大, 使得 100 cm 以上土层的含水量变幅很大。灌溉后土壤含水量增加, 经过一段时间的高强度蒸散耗水, 土壤含水量明显降低。100~130 cm 土层含水量也在一定程度上受供水和蒸散的影响。由于供水量较大, 到收获期各层次土壤含水量仍较高。

在春小麦生育期间，0~60 cm 土层的含水量在各不同供水量下均有很大变化，是相对活跃的层次。该层次的土壤含水量与各生育指标的相关性比其它层次要大得多，因此本文在分析土壤湿度对各生理指标的影响时，主要考虑这一层次的土壤水分状况。

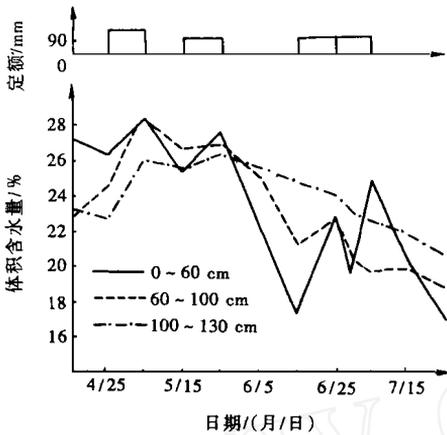


图 3 正常灌水条件下的土壤含水量变化
Fig. 3 Soil moisture variation on the condition of normal water supply

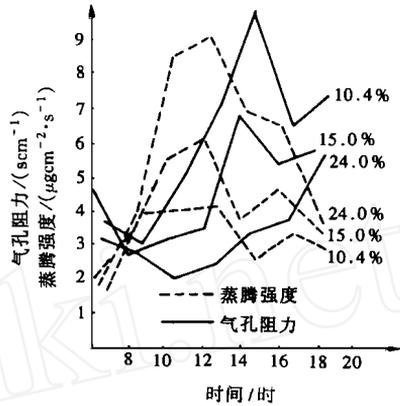


图 4 不同土壤湿度下的气孔阻力和蒸腾强度的日变化
Fig. 4 The diurnal variations of stomatal resistance and transpiration intensity at different soil moistures

3.2 春小麦气孔阻力、蒸腾强度及叶水势的变化观测

3.2.1 春小麦灌浆期叶片气孔阻力和蒸腾强度的日变化观测

春小麦叶片的气孔阻力和蒸腾强度受到光照强度、空气温度和湿度及土壤含水量等诸多因子的影响^[6]。在不同环境条件下，气孔阻力和蒸腾强度的日变化规律不同。图 4 反映了灌浆期不同土壤湿度下气孔阻力和蒸腾强度的日变化趋势。两个晴天的测定结果说明，土壤湿度不同，气孔阻力和蒸腾强度的大小也不同。土壤湿度高，气孔阻力小，蒸腾强度大。土壤湿度低，气孔阻力大，蒸腾强度则小。土壤湿度大时，10:00~12:00 气孔阻力最小，蒸腾强度最大，全天仅出现一个蒸腾高峰值。土壤湿度小时，一天中在 12:00 及 16:00 前后出现两个蒸腾高峰值。但第二个高峰的蒸腾强度小于第一个高峰值。

3.2.2 植株不同部位叶片的蒸腾强度比较

叶片在植株上的着生部位不同，蒸腾强度也不同。在灌浆期选择土壤体积含水量 24% 的高水分处理，对不同部位叶片的蒸腾强度进行了 3 个晴天的连续观测，测时每个植株有功能叶 3~4 片，旗叶在上部，倒二叶在中部，倒三叶在下部。图 5 反映出不同部位叶片的蒸腾强度日变化趋势。各部位叶片的蒸腾强度均在 12:00 左右增至最大，其后逐渐降低，变化趋势相似。但上部叶片的蒸腾强度大于下部叶片，其差距随叶片着生部位的降低而增大。

3.2.3 春小麦叶水势的日变化观测

叶水势反映了春小麦叶片的水分状况。叶水势高，说明叶片的含水量多。叶水势与土壤含水量密切相关(图 6)，土壤含水量高，10:00~18:00 的叶水势大。土壤含水量低，

10:00~18:00的叶水势小。

从表1中所列水势的日变化观测结果可看出,灌浆期白天由于蒸腾失水的影响,叶水势逐渐降低,旗叶18:00降至最低,其它叶片14:00~16:00降至最低。夜间叶水势均升高,02:00达全天最高值。

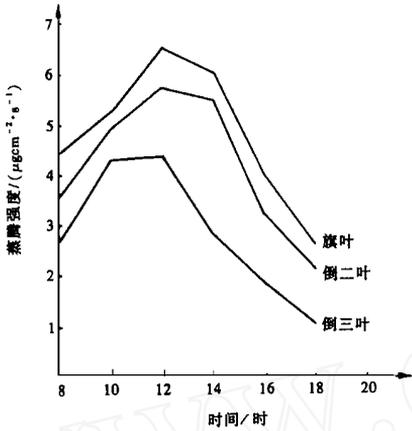


图5 不同部位叶片的蒸腾强度日变化
Fig. 5 The diurnal variations of transpiration rate at different leaf-positions

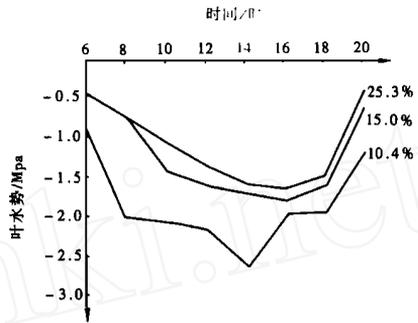


图6 不同土壤湿度叶水势的日变化
Fig. 6 The diurnal variations of leaf water potential at different soil moistures

表1 小麦植株不同部位叶片、叶鞘、茎水势测定结果(1994年6月25~26日 - Mpa)
Table 1 Measuring results of water potential of leaf blades, leaf sheathes and culms at different positions on wheat body (on 25 to 26 June 1994 - Mpa)

时 间	旗 叶			倒二叶			倒三叶		
	叶片	叶鞘	茎秆	叶片	叶鞘	茎秆	叶片	叶鞘	茎秆
20:00	0.77	0.75	0.18	0.72	0.72	0.03	0.72	0.72	—
22:00	0.58	0.55	0.07	0.43	0.50	—	0.40	0.73	—
0:00	0.45	0.42	0.07	0.38	0.28	—	0.30	0.20	—
2:00	0.30	0.23	0.07	0.27	0.10	—	0.27	0.10	—
6:00	0.45	0.25	0.05	0.32	0.13	—	0.37	0.20	—
8:00	1.00	0.73	0.10	0.88	0.65	—	0.75	0.53	—
10:00	1.52	1.15	0.38	1.27	1.15	0.07	1.18	1.05	—
12:00	1.65	1.48	0.63	1.50	1.43	0.13	1.45	1.45	0.05
14:00	1.77	1.47	0.73	1.55	1.38	0.30	1.47	1.45	0.06
16:00	1.87	1.53	0.60	1.72	1.35	0.09	1.40	1.40	0.05
18:00	1.90	1.76	0.43	1.57	1.38	0.09	1.47	1.38	—
20:00	1.02	0.68	0.12	0.92	0.55	—	0.88	0.60	—

3.2.4 植株不同部位叶片、叶鞘和茎水势的比较

表 1 列出了 6 月 25 ~ 26 日观测的叶片、叶鞘、茎水势的日变化数据。观测结果说明, 白天(08:00 ~ 20:00)下部叶片的叶水势高于中上部叶片, 叶片的着生部位愈高, 叶水势愈低。而夜间各部位叶片的水势相差不大。

比较叶片、叶鞘及叶鞘着生处茎秆的水势, 叶片和叶鞘的水势远远低于茎水势。白天中上部叶片的水势高于叶鞘水势, 而下部叶片的水势与叶鞘水势相差不大。夜间叶片和叶鞘的水势均增大, 两者的水势差变小, 有时甚至出现叶片水势大于叶鞘水势的情况。

3.3 气孔阻力、蒸腾强度、叶水势与土壤湿度的关系

对体积含水量 8.3% ~ 25.5% 范围内 8 个不同土壤湿度处理的气孔阻力、蒸腾强度、叶水势 3 个指标进行了观测, 每个指标测定 60 个数据。分析结果说明, 早、晚的蒸腾强度小, 叶水势高, 土壤湿度与蒸腾强度和叶水势的相关性小。12:00 蒸腾强度增至最大, 剧烈的蒸腾使叶片大量失水, 至 18:00, 叶水势大幅度降低, 气孔阻力增大。土壤含水量的大小对这一时段内的气孔阻力、蒸腾强度、叶水势的影响较大。回归分析结果表明, 14:00 的气孔阻力、蒸腾强度与土壤湿度的回归最显著。拔节至挑旗 12:00 的叶水势、灌浆期 16:00 的叶水势与土壤湿度回归显著。从表 2 的回归方程可看出, 随着土壤湿度的降低, 气孔阻力增大, 蒸腾强度和叶水势减小。

表 2 土壤含水量(Wv)与气孔阻力(Dr)、蒸腾强度(Tr)、叶水势(Po)的回归方程
Table 2 The regression equations of soil moisture(Wv) with stomatal resistance(Dr), transpiration rate(Tr) and leaf water potential(Po)

项目	气孔阻力/(s cm ⁻¹)	蒸腾强度/(μg cm ⁻² s ⁻¹)	叶水势/- Mpa	
日期(日/月)	21/6	21/6	26/6	29/6
时间	14:00	14:00	12:00	16:00
回归方程	$Dr = 1/(-0.044 + 0.01696 Wv)$	$Tr = -1.6328 + 0.4919 Wv - 0.00743 Wv^2$	$Po = 1/(-0.8631 + 4.0001/Wv)$	$Po = -3.1503 + 0.0611 Wv - 0.00072 Wv^2$
相关系数	0.9734	0.9667	0.9394	0.9409

4 讨论与小结

(1) 麦田 0 ~ 60 cm 土层受蒸散和供水的影响, 土壤含水量变化比较大, 是相对活跃的层次。生育期间不灌溉, 60 cm 以下土层含水量变化较小或基本稳定。少量供水时 60 ~ 130 cm 土层的含水量降低。正常供水时 1 m 土层内的土壤湿度变幅很大。

(2) 晴天条件下, 土壤湿度较高时, 一天中蒸腾强度仅 12:00 左右出现一次蒸腾高峰值。土壤湿度比较低时, 则有可能出现两次蒸腾高峰。第一次在 12:00 左右, 第二次在 16:00 左右。第二次高峰值的蒸腾强度小于第一次。土壤湿度降低, 10:00 ~ 16:00 的气孔阻力和蒸腾强度均减小, 但以 14:00 的气孔阻力及蒸腾强度与土壤湿度间的回归关系最显著。

(3) 白天植株不同部位叶片的蒸腾强度和叶水势不同, 上层叶片的蒸腾强度最高,

叶水势最低, 下层叶片的蒸腾强度最低, 叶水势最高, 但它们的日变化趋势是相似的。

(4) 白天上部叶片的水势低于叶鞘, 下部叶片水势与叶鞘相差不大, 叶片着生处茎水势远远高于叶鞘及叶片水势。

(5) 叶水势与蒸腾强度、土壤湿度有很高的相关性, 是反映植株水分状况的一个重要指标。但叶水势在一天中不同时间受气温、湿度的影响而变化很大, 随一天中气温的升高而降低, 随空气相对湿度的降低而减小。一般在 08:00 开始降低, 至 14:00 (生育前中期) 或 16:00 ~ 18:00 (生育后期) 达一天中最低值, 其后又逐渐增大, 在夜里 02:00 ~ 06:00 达最大。挑旗期前 12:00, 灌浆期 16:00 的叶水势与土壤湿度有显著的回归关系。土壤湿度升高, 叶水势增大。因而用叶水势评估作物的水分状况, 挑旗期以前在 12:00 ~ 14:00, 灌浆期在 16:00 ~ 18:00 进行测定其结果更具有代表性。

参考文献

- 1 Turner N C. Measurement and influence of environmental and plant factors on stomatal conductance in the field[J]. *Agric For Meteorol*, 1991, 54: 137 ~ 154
- 2 Tan C S, B R Buttery. Response of stomatal conductance, transpiration, photosynthesis and leaf water potential in peach seedlings to different watering regimes. *Hortscience*, 1982, 17: 222 ~ 223
- 3 Jarvis P G. The interpretation of the variation in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field[J]. *Phil Trans Roy Soc*, 1976(B), 273: 593 ~ 610
- 4 杨必仁, 赵惠莉. 渭北旱塬土壤水分变化特点分析[J]. *干旱地区农业研究*, 1997, 15(2): 81 ~ 83
- 5 李守谦, 兰念军. 干旱地区农作物需水量及节水灌溉研究[M]. 甘肃: 甘肃科学技术出版社, 1992. 35 ~ 43
- 6 贾立, 王介民, 刘巍. 黑河试验区春小麦田间的环境因子对蒸腾和光合作用的影响[J]. *高原气象*, 1994, 13(3): 359 ~ 368

OBSERVATION AND ANALYSIS OF WATER DYNAMICS FOR SOIL AND SPRING WHEAT IN HEIHE AREAS

XIE Zhong-kui¹ WANG Ya-jun¹
LAN Nian-jun² QI Xu-sheng²

(1 *Institute of Northwestern Plateau Biology Research, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810000*)

(2 *Institute of Grain Crops, Gansu Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou, Gansu 730070*)

Abstract The laws of soil moisture variations on the state of evapotranspiration in Heihe areas has studied. It has made observations and analyses on diurnal variations of the water potential, stomatal resistance and transpiration rate of spring wheat under various soil moisture conditions and different leaf-positions. Comparison of the water potentials of leaf, sheath and culm has done. The relationships of soil moisture with leaf water potential and stomatal resistance as well as the effects of soil moisture on them have also been analyzed and the relationships have been expressed by empirical equations.

Key words Spring wheat Soil moisture leaf water potential Transpiration intensity Diurnal variation