

冬小麦抽穗期土壤水分对生理指标影响的试验研究

徐莉平¹, 刘 钰², 张建丰¹, 蔡甲冰², 张宝忠²

(1. 西安理工大学 水资源研究所, 陕西 西安 710048;

2. 中国水利水电科学院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038)

摘 要: 依据冬小麦不同水分处理的灌溉试验, 分析了抽穗期5种土壤水分条件下叶片气孔导度、冠气温差及光合速率等生理指标的日变化规律, 并对各生理指标间进行了相关性分析。结果表明: 土壤水分对冬小麦抽穗期气孔导度、冠气温差及光合速率有着显著的影响, 且各指标日变化趋势基本一致; 气孔导度与冠气温差、光合速率均呈正向相关, 两者均随气孔导度的增加呈上升趋势, 但不同土壤水分条件下上升幅度不同。

关键词: 冬小麦; 抽穗期; 土壤水分; 生理指标

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)03-0023-03

Experiment on influence of soil moisture on physiological indicator of winter wheat in heading stage

XU Liping¹, LIU Yu², ZHANG Jianfeng¹, CAI Jiabing², Zhang Baozhong²

(1. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin,

China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the irrigation experiment of winter wheat in different water treatments, the paper analyzed the daily variation rule of stomatal conductance, canopy - air temperature difference, photosynthetic rate etc physiological indicators of winter wheat in heading stage under 5 conditions of soil moisture, and carried out the correlation analysis between physiological indicators. The result indicated that the change of soil moisture has significant effect to physiological indexes such as stomatal conductance, canopy - air temperature difference and photosynthetic rate of winter wheat in heading stage, and the daily variation trend of each index is almost synchronous. Stomatal conductance appears active correlation with canopy - air temperature difference and photosynthesis rate. The canopy - air temperature difference and photosynthesis speed rise with the increase of stomatal conductance of winter wheat at heading stage. But the amplitude is different under different moisture conditions.

Key words: winter wheat; heading stage; soil moisture; physiological indicator

土壤水分是影响冬小麦生长和产量的重要因素, 因而冬小麦各种生理指标与土壤水分关系的研究一直成为重要课题^[1]。近年来, 国内外许多学者对不同土壤水分条件下冬小麦生理特性进行了研究, 已有不少的研究成果。如刘合芹^[2]指出叶面积的减小和 CO₂ 进入叶片受阻, 降低了光合速率, 对不同品种冬小麦的产量均有影响。房全孝等^[3]对冬小麦不同生育期进行了干旱处理, 研究了不同生育期受旱光合作用的响应情况, 结果表明改善冬小麦后期土壤水分对光合效率、产量的提高有重要作用。

李凯等^[4]指出在抽穗开花期内, 轻微的渍水胁迫对冬小麦生理指标产生有利影响。丛建鸥等^[5]、张金恩^[6]及李馨园^[7]通过改变外界条件, 对冬小麦的光合作用、水分利用效率等指标进行了研究, 并建立了较好的关系模型用于小麦产量预测。以上的研究主要针对冬小麦生育期各指标间变化的研究, 缺少冬小麦各生理指标间相关性的研究, 且不同区域之间的变化规律和特点存在一定差异, 尚需进一步分析。抽穗期作为冬小麦生长发育的一个重要阶段, 对其各指标间的研究意义重大。本文以我国华北地区不同土壤水分条件下的抽穗期冬小麦为研究

收稿日期: 2013-01-30; 修回日期: 2013-02-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(51009151); 全国博士学位论文作者专项资金资助项目(201258); 中国博士后科学基金资助项目(2012M520461)

作者简介: 徐莉平(1986-), 女, 新疆石河子人, 硕士研究生, 主要从事农业节水灌溉方面的研究。

对象,分析了冬小麦的气孔导度、冠气温差以及光合速率等生理指标的变化规律,并对各指标间进行了相关性分析,从而为研究北方地区农业节水灌溉提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

田间试验于2011年10月-2012年6月在中国水利水电科学研究院大兴试验基地进行,该试验基地位于北京大兴区(北纬 $39^{\circ}37'$,东经 $116^{\circ}26'$,海拔40.1 m),属半干旱大陆性季风气候,冬冷夏热、雨水分布不均、四季分明。多年平均气温 12.1°C ,最高气温 39.5°C ,最低气温 -25°C ,无霜期平均为185 d,全年日照数约2 600 h,日照时数百分率约为50%。全年主要为东北风和西北风,年平均风速 1.2 m/s 。表层土壤上冻期平均从每年的12月10日到次年的3月初,最大冻土约50 cm,发生于2月。全年大于 10°C 的有效积温为 $4\ 730^{\circ}\text{C}$,分布在2月22日-12月4日,共285天内。多年平均降雨量540 mm,降雨特点是年际变化大及年内分配不均,降雨多集中在6-9月份,占总降雨量的80%以上。年平均水面蒸发量1 800 mm以上。实验区土壤类型为砂壤土。

1.2 试验设计与观测方法

田间试验的冬小麦供试品种为“中麦175”,2011年10月6日播种,2012年6月收获。试验有5个水分处理(T_1 :灌水下限为田持的75%, T_2 :灌水下限为田持的60%, T_3 :灌水下限为田持的50%, T_{ck} :对照组,灌水下限为田持的55%, T_0 :不灌水),6个重复,分30个试验小区(每个小区约 30 m^2),每个小区之间设置保护行以减少相互之间的影响,用Trime测得的数据控制灌水,当测得的土壤水分小于实验设计的土壤水分下限则灌水。试验在自然情况下(不遮雨)进行。试验各小区的最大田间持水量为33.4%。

试验的测定方法:①土壤含水量:在每个小区安装一米深的TDR测管,用来测定不同土壤层的含水量。每3天监测一次含水率,每次灌水前后和降雨($>20\text{ mm}$)加测一次。测定的深度分别为0、10、20、30、40、50、60、70、100 cm。②冠层温度测量:采用RaytekST60便携式红外测温仪测定,每个小区分别测量8个点,取其均值为一次观测值。③气孔导度、光合测定:采用便携式光合测定仪测定,每7 d测量一次,土壤水分,冠层温度同步观测。

2 结果与分析

2.1 气孔导度的变化规律

图1为冬小麦抽穗期不同土壤水分处理下气孔导度日变化曲线。在一天中,各处理气孔导度的变化趋势基本一致,日均气孔导度具体表现为: $T_1 > T_2 > T_3 > T_{ck} > T_0$, T_1 、 T_2 处理的冬小麦气孔导度值较为接近,水分充足有利于气孔的开放,且各水分处理的气孔导度均在早上8:00至10:00点气孔导度逐渐增加,但随着温度的逐渐升高(11:00点以后),叶片细胞内 CO_2 浓度的增加等因素使气孔导度又开始下降。高水分处理的冬小麦气孔导度明显大于低水分处理的冬小麦的气孔导度,而 T_2 水分处理下的冬小麦的气孔导度大于 T_1 水分处理的气孔导度,且在12:00点以后仍保持较高值,说明土壤含水率的增加并不能提高冬小麦叶片的气孔导度,适量的土壤水分含量更有利于冬小麦叶片气孔导度的增长。

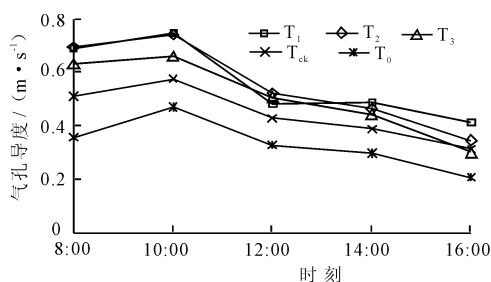


图1 不同土壤水分条件下气孔导度日变化趋势

2.2 冠气(冠层温度-气温)温差的变化规律

图2为不同土壤水分条件下冬小麦抽穗期冠气温差日变化曲线,从图2可见,除 T_1 外(可能是测量误差导致 T_1 数据有所偏差),其余各不同土壤水分条件下,实测冠气温差的变化趋势基本一致,呈双峰曲线,从其趋势可以表明,随着土壤水分含量的增加,各处理的冠层温差在减小,这是因为土壤水分的不足导致气孔关闭,蒸腾作用减慢,而引起冠层温差的加大。同时图中可以看出,各冠层温差日变化幅度最大为 T_1 ,冠层温差整体呈下降趋势,在14:00以后又有回升。分析其原因可能是土壤水分含量高,作物蒸腾旺盛,使叶片一直保持低于大气的温度,正午大气温度升高,使叶片部分气孔关闭,蒸腾作用变小,叶片温度上升,因此冠气温差逐渐上升。

图中各冠层温差峰值基本都出现在10:00左右(T_1 出现在12:00左右),且其随土壤水分的增加而递减。冠层温差从早上8:00开始增加,其峰值在10:00~12:00之间出现,随后开始递减。

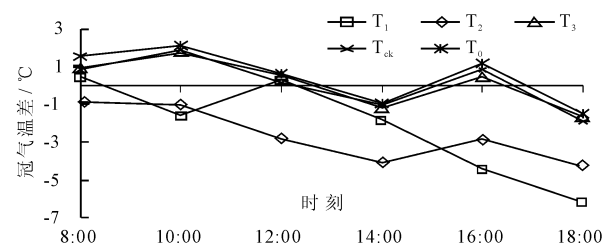


图 2 不同土壤水分条件下冠气温差日变化趋势

2.3 光合速率的变化规律

图 3 为不同土壤水分处理下冬小麦抽穗期光合速率日变化曲线,从图中可以看出,从 8:00 钟开始,随着气温的升高和光合有效辐射强度的增强,5 种处理情况下的光合速率快速提高,在 10:00 左右达到峰值,由于光合有效辐射的进一步增大,小麦叶片对光产生抑制作用,光合速率开始下降,但是其下降的趋势呈现两种不同过程。T₁、T₂ 和 T_{ck} 的光合速率在 12:00 点左右下降到低谷,小麦出现“午休”现象,随后光合速率慢慢的升高,在 14:00 点左右出现第二个峰值,但是其峰值明显的低于第一个峰值。14:00 点钟以后,由于气温下将,光合速率开始急剧下降,光合速率日变化规律变现为“M”型双峰曲线,这种现象与前人的研究基本一致。同时在 10:00 点以后,T₀ 与 T₃ 的光合速率开始下降,但是其下降速度比较缓慢,且趋于平行,这是因为小麦在缺水条件下,加剧了光的抑制现象,使光合速率降低,不易恢复。因此,两者光合速率变化曲线表现出单峰曲线。

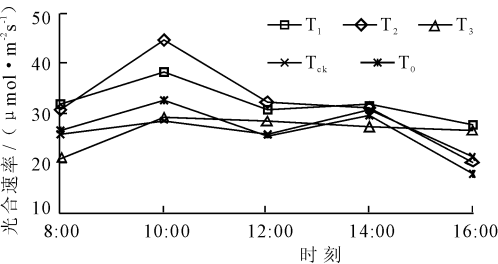


图 3 不同土壤水分条件下光合速率日变化趋势

2.4 气孔导度与冠层温差、光合速率的相关性分析

为了探讨冬小麦抽穗期气孔导度、冠层温差及光合速率的相关关系,通过观测 5 种土壤水分条件下冬小麦抽穗期各生理指标,建立了气孔导度与这一系列指标间的相关模型,为通过气孔导度监测作物水分状况提供理论依据。

2.4.1 气孔导度与冠气温差的相关分析 应用冬小麦抽穗期不同土壤水分观测资料,分析了作物气孔导度与冠气温差的变化规律。图 4 给出了 5 种情况下冬小麦抽穗期气孔导度与冠气温差的散点关

系,回归分析的得出其回归方程。从图中可以看出,随着气孔导度的增加,冠层温差也随之上升。这是因为气孔导度影响小麦的蒸腾作用,气孔导度增加,作物的蒸腾作用加大,导致其冠层温度较低,冠气温差为负值;但当气孔导度大于某一值(图 4 为 0.43 m/s 左右)以后,冠气温差逐渐变为正值,这是因为气孔开度很大时,叶片水分严重散失,导致叶片的温度高于大气的温度,因此,冠气温差也变大;同时在不同的土壤水分条件下,冠气温差与气孔导度的线性趋势变化平缓。总体相关分析表明,气孔导度与冠层温差呈显著的正相关。

2.4.2 气孔导度与光合速率的相关分析 图 5 给出了 5 种处理情况下冬小麦抽穗期光合速率与气孔导度间的关系,并进行了回归分析,从拟合曲线可以看出,随着气孔导度的增大,光合速率呈现上升趋势,且 T₁、T₂ 两者的气孔导度和光合速率的线性拟合线的斜率均大于 T₀、T₁ 及 T_{ck}。同时,T₀、T_{ck}、T₃ 处理情况下的气孔导度和光合速率的散点上升趋势比较平缓,T₁、T₂ 情况下,气孔导度在 0.5~0.7 时,光合速率下降,随后又开始升高。相关分析表明气孔导度与光合速率呈正相关。

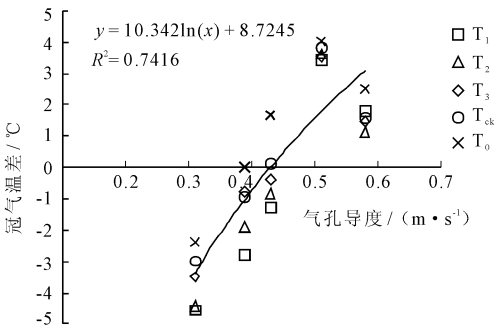


图 4 不同土壤水分条件下气孔导度与冠气温差的关系

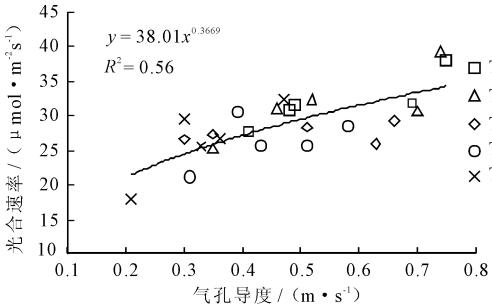


图 5 不同土壤水分条件下气孔导度与光合速率的关系

3 结 语

(1)本文对冬小麦抽穗期不同土壤水分条件下
(下转第 29 页)

知,在同一侧压力系数下,隧洞埋深越大,隧洞各部位关键点位移都会增加;在侧压力系数为2、3时,侧压力系数对隧洞的影响较为显著;在埋深最大、侧压力系数最大时,隧洞发生最大位移的关键点所在的位置不同。

3 结 语

本文采用离散元法对节理岩体隧洞在不同埋深不同侧压力系数下的位移响应进行了模拟研究,总结出以下几点规律:

(1)无论隧洞选择何种断面形式,在同一侧压力系数下,随着埋深的增加,隧洞各关键点位移都会随之增加。

(2)对于同一断面形式的隧洞,在相同的埋深下,侧压力系数为0.5和1时,隧洞关键点位移相差不大;当侧压力系数为2和3时,隧洞关键点位移变化较大。

(3)不同的断面隧洞在侧压力系数为3,埋深为800 m时,隧洞关键点最大位移发生的部位不同。马蹄形隧洞关键点最大位移发生在洞底,矩形隧洞关键点最大位移发生在围岩侧壁,圆形隧洞关键点最大位移发生在顶部。

(4)在同一埋深、同一侧压力系数下,马蹄形隧洞和圆形隧洞洞顶关键点位移基本一致,但对于洞底和侧壁围岩,圆形隧洞关键点位移比马蹄形要小一些。

(5)在同一埋深同一侧压力系数下,马蹄形隧洞洞底最大位移和矩形隧洞洞底最大位移基本一致,矩形隧洞洞顶和侧壁围岩最大位移要比马蹄形隧洞大很多,尤其是在侧压力系数较大时,更加明显。

参考文献:

- [1] 张志强,李 宁,陈方方,等.不同围岩中软弱夹层对洞室围岩稳定性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(7):193-200.
- [2] 于德海,彭建兵.大型地下洞室不同开挖效应的动态仿真分析[J].地质与勘探,2005,41(2):93-96.
- [3] 李海波,马行东,李俊如.地震荷载作用下岩体洞室位移特征的影响因素分析[J].岩土工程学报,2006,28(3):358-362.
- [4] 王泳嘉,邢纪波.离散元法及其在岩土力学中的应用[M].辽宁:东北工学院出版社,1991.
- [5] 张大松.不同围岩和埋深条件下隧道围岩位移和应力变化规律分析[J].现代交通技术,2012,9(2):53-58.
- [6] 马永锋,余胜祥,陈超敏.陡坡导流隧洞结构设计实践[J].人民长江,2011,42(16):18-20.
- [7] 霍香丽,张世强,李宗坤.引黄入洛隧洞工程设计浅析[J].人民黄河,2011,33(1):108-109.
- [8] 刘进宝.地下洞室施工开挖的三维弹塑性数值模拟分析[J].水力发电,2007,33(10):34-37.
- [9] 陶 帅,王学滨,潘一山,等.线性及非线性屈服函数交界处临界应力对隧洞围岩力学行为的影响[J].水资源与水工程学报,2011,22(2):31-36.

(上接第25页)

的各生理指标进行了田间试验,通过对气孔导度、冠气温差及光合速率的日变化趋势图分析表明,不同土壤水分影响各生理指标峰值均出现在中午10:00左右,且其各水分处理下各指标日变化趋势基本一致。这为进一步研究冬小麦在各生长期的生理指标奠定了基础。

(2)本文通过对冬小麦抽穗期气孔导度与冠层温差、光合速率的相关分析表明:气孔导度与冠气温差、光合速率均为正相关,气孔导度的大小直接影响了冬小麦的光合速率、冠气温差。本文仅是针对水分的变化对冬小麦的影响,其他因素对冬小麦的影响还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 单长卷,田雪亮.冬小麦水分生理特性对水分胁迫的响应[J].吉林农业科学技术,2007,32(6):16-21.

- [2] 刘合芹.不同年代推出的冬小麦(*Triticum aestivum* L.)农艺性状以及光合生理生态特性[D].北京:中国科学院研究生院,2002:13-18.
- [3] 房全孝,陈雨海,李全起,等.土壤水分对冬小麦生长期光能利用及水分利用效率的影响[J].作物学报,2006,32(6):861-866.
- [4] 李 凯,俞双恩,丁继辉,等.抽穗开花期涝渍胁迫对冬小麦生理指标的影响[J].中国农村水利水电,2012(5):72-74.
- [5] 丛建鸥,李 宁,许映军,等.干旱胁迫下冬小麦产量结构与生长、生理、光谱指标的关系[J].中国生态农业学报,2010,18(1):67-71.
- [6] 张金恩.UV-B辐射增强与O₃胁迫单因子及其复合作用下冬小麦光合能力变化研究[D].江苏:南京信息工程大学,2011:9-85.
- [7] 李馨园.播种方式和追肥时期对黑龙江省冬小麦旗叶光合特性及产质量的影响[D].黑龙江:东北农业大学,2011.