

不同水肥处理下冬小麦冠层含水率与温度关系的研究

赵春江, 黄文江, 王之杰, 王北洪, 王纪华

(北京农业信息技术研究中心)

摘 要: 研究了不同水肥处理下冬小麦冠层含水率与冠层温度的关系。结果表明, 随灌水量增加, 冬小麦冠层含水率呈逐渐增加的趋势, 灌水量达一定程度后, 冠层含水率反而下降, 冠层温度表现出与冠层含水率相反的趋势; 冠层含水率与冠层温度呈显著负相关。两品种施氮处理冠层含水率均明显高于不施氮处理。“京冬 8 号”各施氮处理冠层含水率随施氮量增加呈逐渐降低的趋势, 冠层温度则随施氮量增加而上升; 其冠层含水率与冠层温度存在显著负相关关系。“中优 9507”各施氮处理不具“京冬 8 号”的规律性, 但其冠层含水率与冠层温度也呈负相关。用冠层温度反映冠层含水率具有较高的可靠性。

关键词: 冬小麦; 冠层含水率; 冠层温度

中图分类号: S512.1101

文献标识码: A

文章编号: 1002-26819(2002)02-0025-04

在植物生长发育过程中, 水分起着重要作用: 通过蒸腾代谢水分由根系吸收, 矿质营养及其它养分溶解其中, 随水运输到需要的部位供生长发育所需, 水分蒸发又能散发体内热量以维持植物正常温度。叶片含水率在很大程度上反映了作物生长发育的实际水分状况, 越来越受到重视^[1,2], Kramer^[3]较早地认识到观测植株冠层含水率的重要性。植株含水率测定手段有限, 多年来, 人们一直在努力寻找一种简便的方法来确定植株含水率。近年来的研究表明, 叶温与作物的生长发育正常与否密切相关。张高午等^[4]认为叶片温度相对较低的“冷型小麦”与许多优良性状相关联; Tanner^[5]指出冠层温度指示植物水分亏缺; 王纪华等^[6]研究指出, 叶片含水率与 1145 Lm 处特征峰的光谱吸收呈显著正相关。前人的研究成果为使用其它仪器间接获取植株水分状况的可能性打下了基础。随着红外测温仪的研制和精度的提高, 人们能够比较容易地非接触测定植物叶片和冠层温度, 研究不同水肥条件下不同类型冬小麦冠层含水率与冠层温度的关系, 探讨确定冠层含水率的简便方法, 以期为准农业中的变量灌溉^[7]提供技术支持, 使科技更好地为农业服务奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2000~2001 年在北京市农林科学院农场进行, 试验地土质为壤土, 田间持水量为 24%。供

试小麦品种为北京地区主栽品种“京冬 8 号”和华北地区重点推广的优质小麦品种“中优 9507”。试验地按处理划为 4 个区:

1、2 区为氮(N)处理, 分别设 N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 5 个水平。 N_0 : 全生育期不追肥; N_1 : 返青期、拔节期每 hm^2 各施纯氮 45 kg; N_2 : 返青期、拔节期每 hm^2 各施纯氮 90 kg; N_3 : 返青期、拔节期每 hm^2 各施纯氮 135 kg; N_4 : 返青期、拔节期每 hm^2 各施纯氮 180 kg。随机排列, 重复 3 次。

3、4 区为水(W)处理, 分别设 W_0 、 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 5 个水平。 W_0 : 全生育期不浇水; W_1 : 返青期、拔节期每 hm^2 各浇水 225 m^3 ; W_2 : 返青期、拔节期每 hm^2 各浇水 450 m^3 ; W_3 : 返青期、拔节期每 hm^2 各浇水 675 m^3 ; W_4 : 返青期、拔节期每 hm^2 各浇水 900 m^3 。随机排列, 重复 3 次。

1.1.2 测定项目与方法

1.1.2.1 叶片及植株含水率

于拔节期和灌浆期晴天上午 10:00~11:00 时, 选均匀一致植株主茎最上部一片展开叶, 测定叶片含水率, 每小区取 30 片叶, 速称其鲜重, 然后放入清水中吸水 5~6 h 擦干称其饱和鲜重^[8], 再放入烘箱 105℃ 杀青 30 min, 在 75℃ 下烘干至恒重。每小区取样 10 株(包括叶片、叶鞘、茎)测定植株含水率, 称鲜重后烘干称重。叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率按下列公式计算

$$\text{叶片含水率}(\%) = \frac{\text{叶鲜质量} - \text{叶干质量}}{\text{叶鲜质量}} \times 100$$

$$\text{叶片相对含水率}(\%) =$$

$$\frac{\text{叶原初鲜质量} - \text{叶干质量}}{\text{叶饱和鲜质量} - \text{叶干质量}} \times 100$$

收稿日期: 2001.09.20 修订日期: 2001.10.20

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077907)和北京市科委重点科技攻关项目(952360100)资助。

作者简介: 赵春江, 男, 1964 年生, 研究员, 主任, 农学博士, 北京农板井 北京农业信息技术研究中心, 100089。

植株含水率(%) = $\frac{\text{植株鲜质量} - \text{植株干质量}}{\text{植株鲜质量}} \times 100$

11212 叶片及冠层温度

与测定叶片含水率同步,用 HT211D 型红外测温仪测定叶温及冠层温度(分辨率为 0.1℃,比反射率设为 0.198)。采用手动测量,测温仪在叶片垂直上方 5 cm 处读取叶片温度,50 cm 处读取冠层温度,每 2 s 记录一个数据,每小区各选有代表性的点重复测 30 组数据。

2 结果与分析

211 不同水分处理对叶片、植株含水率及叶温、冠层温度的影响

由表 1 可知,“京冬 8 号”拔节期和灌浆期叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率均以 W₂ 处理的最高,W₀ 处理的叶片含水率、叶片相对含水率都最低,其植株含水率仅比 W₄ 高。可以看出,在一定程度下,“京冬 8 号”冠层含水率随灌水量增加而增加,当灌水超过一定量时其含水率反而下降。叶温、冠层温度呈现出与含水率相反的趋势:随灌水量

增加,叶温及冠层温度降低,当灌水量达到一定程度时叶温、冠层温度不再下降,反而呈现出上升趋势。

对“京冬 8 号”冠层含水率与冠层温度的相关分析表明,拔节期和灌浆期京冬 8 号叶片含水率、叶片相对含水率与叶温均呈负相关,且达显著或极显著水平(*r* 分别为- 0.1727 0^{3.3}、- 0.1755 1^{3.3}和- 0.1549 0³、- 0.1614 2³; *r*_{0105,13} = 0.1514 0, *r*_{0101,13} = 0.1641 0),两个时期植株含水率与冠层温度也都呈显著负相关(*r* 分别为- 0.1700 5^{3.3}和- 0.1609 2³)。

表 2 示出,“中优 9507”拔节期和灌浆期冠层含水率呈现出与“京冬 8 号”同样的趋势。拔节期叶温、冠层温度在一定程度下随灌水量增加而降低,超过一定程度后上升;到灌浆期,叶片和冠层温度明显随灌水量增加而降低。对“中优 9507”冠层含水率与冠层温度的相关分析结果表明,拔节期和灌浆期“中优 9507”叶片含水率、叶片相对含水率与叶温均呈负相关(*r* 分别为- 0.1651 0^{3.3}、- 0.1671 4^{3.3}和- 0.1695 0^{3.3}、- 0.1203 6),植株含水率与冠层温度也都呈负相关(*r* 分别为- 0.1352 0和- 0.1327 6)。

表 1 “京冬 8 号”叶片、植株含水率与叶温、冠层温度

Table 1 The leaf and plant water content and leaf and canopy temperature of “Jingdong 8”

处理	叶片含水率ö%		叶片相对含水率ö%		植株含水率ö%		叶片温度ö		冠层温度ö	
	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期
W ₀	77124	56100	90192	61121	76132	55170	2910	3115	2814	3110
W ₁	79180	58155	90136	62119	78177	58170	2812	3114	2715	3019
W ₂	81102	59123	95191	47159	81112	58186	2616	3018	2612	2911
W ₃	79102	58136	94119	65189	81103	57122	2617	3012	2514	2919
W ₄	79158	57125	91100	33185	75126	54151	2711	3211	2719	3018

表 2 “中优 9507”叶片、植株含水率与叶温、冠层温度

Table 2 The leaf and plant water content, leaf and canopy temperature of “Zhongyou 9507”

处理	叶片含水率ö%		叶片相对含水率ö%		植株含水率ö%		叶片温度ö		冠层温度ö	
	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期	拔节期	灌浆期
W ₀	79173	61113	84101	68133	79186	55112	2412	3011	2416	3214
W ₁	83161	62143	90143	52131	78150	56104	2215	2919	2411	2917
W ₂	83138	63157	89121	46159	85145	59110	2312	2713	2317	2912
W ₃	83100	59183	85198	65149	84135	54166	2315	2910	2312	3019
W ₄	81105	58110	82172	23169	83107	54185	2616	3017	2513	2813

212 不同氮肥处理对叶片、植株含水率及叶温、冠层温度的影响

在作物生长发育进程中水和肥有着相互促进,相互协调的关系。表 3 显示,“京冬 8 号”各施氮处理叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率均明显高于不施氮处理,但各施氮处理随施氮量增加,叶片

含水率、叶片相对含水率及植株含水率都呈逐渐降低的趋势,与之相对应各处理的叶温和冠层温度则逐渐上升。冠层含水率与冠层温度的相关分析结果表明,“京冬 8 号”叶片含水率、叶片相对含水率与叶温的相关性达极显著水平(*r* 分别为- 0.1649 0^{3.3}和- 0.1686 4^{3.3}),植株含水率与冠层温度也呈显著负

相关($r = -0.1619\ 0^3$)。

表 3 不同氮肥处理叶片、植株含水率及叶温、冠层温度(灌浆期)

Table 3 Water content and temperature of leaf and canopy under different nitrogen treatment (Grain-filling stage)

处理	叶片含水率 $\delta\%$		叶片相对含水率 $\delta\%$		植株含水率 $\delta\%$		叶片温度 δ		冠层温度 δ	
	京冬 8 号	中优 9507	京冬 8 号	中优 9507	京冬 8	中优 9507	京冬 8 号	中优 9507	京冬 8 号	中优 9507
N_0	67142	70116	69141	84171	60109	60171	2415	2411	2419	2616
N_1	73120	75118	92109	93144	62160	62131	2111	2510	2214	2611
N_2	71147	76189	80127	85179	61125	63128	2418	2516	2510	2317
N_3	68163	74118	68153	80129	60196	62109	2610	2611	2615	2519
N_4	68156	72113	69155	74137	59190	61122	2619	2811	2719	2711

与“京冬 8 号”一样,“中优 9507”施氮处理的叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率也明显高于不施氮处理;但其各施氮处理不具有“京冬 8 号”的规律性, N_2 处理的叶片含水率和植株含水率最高, N_1 处理次之, N_4 处理最低;叶片相对含水率以 N_1 处理的最高。各处理叶温随施氮量增加而上升,冠层温度则随施氮量增加而下降,但施氮量到一定限度时冠层温度反而上升。相关分析表明,叶片含水率、叶片相对含水率均与叶温呈负相关(r 分别为 $-0.1635\ 0^3$ 和 $-0.1053\ 8$),其中叶片含水率与叶温的相关达显著水平;植株含水率与冠层温度也呈负相关。

3 讨论

近年来,随着栽培技术的不断发展,特别是 3S(RS、GIS、GPS)技术在农业生产中的应用,提高了对农田管理决策的水平,相应地对田间管理技术指标的获取速度及准确性都提出了较高的要求,传统的通过实验室方法来测定植株含水率已很难满足现代化农业发展的要求,怎样使用简单、快捷方法测定田间植株含水率,为农业生产决策提供依据,是广大农学家致力研究的问题。明确冠层温度与水分之间的关系,是解决这一问题的关键。

本研究表明,不同品种、不同水肥处理条件下,冠层含水率与冠层温度都存在着负相关关系,其中叶片含水率与叶温相关性最强,达到了显著水平。由此可知,通过红外测温仪测定冠层温度来反映植株水分状况是可行的。在具体应用时,需要区别不同生态类型品种如“冷型”小麦等,建立相应的叶温与含水率关系模型,以提高诊断的精度。

本研究中,不论是“京冬 8 号”还是“中优 9507”,当每 hm^2 每次灌水量超过 $450\ \text{m}^3$ 时,叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率都呈下降趋势,这可能与灌水量增加,造成土壤湿度过大,根系发育受阻,吸水能力下降有关。因此,为保证植株既能正

常生长发育又能节约用水,在灌足底墒水和返青、拔节期均灌溉的情况下,小麦生长期每次灌水量不宜过大,以每 hm^2 每次灌水量不超过 $450\ \text{m}^3$ 为宜。

施肥可显著提高作物产量和水分利用效率^[9,10],氮素营养对地上部分具有明显的促进作用^[11]。本研究中,两品种施氮处理的冠层含水率明显高于不施氮处理,这与前人研究结论一致。但京冬 8 号 N_1 处理的叶片含水率、叶片相对含水率及植株含水率都最高,随施氮量增加,其冠层含水率反而呈逐渐降低趋势。“中优 9507”的 N_2 处理叶片含水率和植株含水率最高,叶片相对含水率以 N_1 处理的最高。从提高水肥利用效率的角度看,两品种生育期间追氮量不宜过大,以每 hm^2 每次追氮量 $45\sim 90\ \text{kg}$ 为宜。

本研究测定时间选在上午 $10\sim 11$ 时,是一天中环境状况最佳时间,小麦一天中植株含水率变化很大,能否用其它时段的温度指标反映水分状况,及其可靠性,有待进一步研究。

[参 考 文 献]

[1] 郭晓维 土壤水分胁迫对冬小麦叶片的相对含水率、水势及渗透调节的影响[A] 赵明主编 第一届全国作物栽培作物生理学术会文集[C] 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 85~ 89

[2] 中国农业科学院主编 中国农业气象学[M] 北京: 中国农业出版社, 1999: 74~ 75

[3] Kramer P J. Water relations of plant [M] A cademic Press New York: New York Press, 1983

[4] 张嵩午 冷型小麦及其生物学特性[J] 作物学报, 1999, 8(5): 608~ 615

[5] Tanner C B. Plant temperature [J] Agronomy Journal 1963, 55: 210~ 211.

[6] 王纪华, 赵春江, 郭晓维等 用光谱反射诊断小麦叶片水分状况的研究[J] 中国农业科学, 2001, 34(1): 104~ 107.

- [7] 赵其国 “三S”技术在持续农业与山区土地利用中的应用[J]. 土壤, 2000, 1: 1~ 5
- [8] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富 植株生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994: 20~ 23
- [9] 陈利军 旱地施肥对春小麦根系生长、代谢的影响及促进水分有效利用的机理[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 26~ 32
- [10] 山 仑 提高旱地农田生产力的若干生理生态问题[J]. 干旱地区农业研究, 1985, (4): 71~ 80
- [11] 张岁歧, 山 仑 氮素营养对春小麦抗旱适应性的影响[J]. 水土保持研究, 1995, (1): 31~ 35

Relationship Between Canopy Water Content and Temperature of Winter Wheat Under Different Water and Nitrogen Treatments

Zhao Chunjiang, Huang Wenjiang, Wang Zhijie, Wang Beihong, Wang Jihua

(Beijing Agricultural Information Technology Research Center, Beijing 100089)

Abstract Under treatments of different water and nitrogen applied level, the relationship between canopy water content and canopy temperature was studied. It showed that the canopy water content went up gradually with the applied water increased. But when the applied water exceeded its threshold, the canopy water content decreased, while the canopy temperature kept the same. There was negative correlation between canopy water content and canopy temperature. The canopy water content under nitrogen treatments was higher than that under non-nitrogen treatments. The canopy water content of all nitrogen treatments of “Jingdong 8” decreased with the nitrogen applying quantity and the canopy temperature increased. There were different regularities in all nitrogen treatments of “Zhongyou 9507” to those of “Jingdong 8”. It was practicable for using canopy temperature to judge the canopy water content.

Key words: winter wheat; canopy water content; canopy temperature

《中国农业工程》

——全面反映中国农业工程科学技术发展与历史经验的大型综合性专著

由著名农业工程专家、我国农业工程科技领域前辈学者之一、开拓我国现代农业工程学科建设与科学技术应用研究的主要奠基者之一陶鼎来教授, 编撰的《中国农业工程》已于2002年1月, 由中国农业出版社出版。

该专著系统地记录、回顾和总结了我国农业工程发展的具体内容、史实, 反映了成就和经验; 并从社会经济高度、从农业层面和从农业工程角度提出了各种独创性见解以及进行农业建设的科学方法等; 记叙了我国农业工程学科技术全面发展与学科体系形成的过程, 在总结国内外发展经

验的基础上, 对农业工程学科的性质与内涵、建设项目的规划与管理, 提出了一系列具有创新意义的阐述与解析, 对我国农业发展面临的挑战与机遇、发展前景进行了分析讨论。

该专著不仅可作为广大农业工程科技和管理工作者以及农业工作者在新世纪工作的参考手册, 也是农业工程大专院校教师和学生以及农村工作者和青年的有价值的参考文献。

该专著对进入21世纪研究推进我国农业工程科学技术发展与农业现代化建设, 将具有重要的学习与参考价值。

(本刊辑)