

不同灌水处理对冬小麦冠层结构及光合特性的影响

王艺陶¹, 衣莹^{2*}, 章建新¹, 侯立白², 康建涛¹, 董祥开²

(1. 新疆农业大学, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 通过对冬小麦不同生育时期进行灌水处理, 研究了灌水处理对冬小麦冠层结构、光合特性及产量的影响。结果表明, 两水处理(越冬期和拔节期)的冬小麦叶绿素含量和叶面积指数, 在全生育期内始终保持较高水平, 且分别在开花期和灌浆初期呈现倒“V”型。灌水处理对透光率的影响与叶面积指数的变化趋势相反; 两水处理(越冬期和拔节期)的冬小麦旗叶净光合速率、气孔导度和蒸腾速率与一水处理(越冬期或者拔节期)相比显著提高, 胞间 CO₂ 浓度则降低。P12、138 和米 808 三个品种产量均是两水处理(越冬期和拔节期)最高, 分别达到 5 045、5 516、5 479 kg/hm²。

关键词: 灌溉; 冬小麦; 冠层结构; 光合特性; 产量性状

中图分类号: S512.1¹⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0063-04

小麦是我国重要的粮食作物之一, 主要分布于我国北方干旱和半干旱地区, 在旱作农业中有举足轻重的地位, 生长季节缺水制约了小麦生产潜力的发挥^[1]。水分亏缺对作物的生长发育、干物质生产以及最终的经济产量都有不同程度的影响, 适时灌水可有效降低水分胁迫的危害^[2~4]。

小麦的产量和品质不仅由其本身的遗传特性决定, 同时还受外界环境的影响。水分是影响小麦生长发育最活跃的环境因子, 灌水量的多少和如何分配直接影响小麦的生长发育状况、产量和品质。在一定范围内小麦冠层结构参数叶面积指数(LAI)、群体透光率(DIFN)与产量密切相关, 同时, 高产小麦品种灌浆中期到灌浆结束, 有较高的叶面积指数^[5, 6]。本试验以 P12、138 和米 808 为试验材料, 分析水分对冬小麦群体冠层结构、光合特性及产量构成的影响, 旨在明确冬小麦高产群体的生理机制, 为冬小麦高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2007~2008 年在沈阳农业大学农学院试验基地进行。试验地为壤土。试验田 0~20 cm 土壤理化性质指标分别为: 全氮 1.06 g/kg, 全磷 2.35 g/kg, 全钾 26.1 g/kg, 碱解氮 111 mg/kg, 有效磷 59.8 mg/kg, 有效钾 104 mg/kg, 有机质含量 1.95%。

1.2 试验设计

选用 3 个品种(系): P12、138 和米 808。设 T₀、

T₁、T₂ 和 T₃ 共 4 个水分处理, T₀ 为对照(CK), T₁ 为越冬期灌水, T₂ 为拔节期灌水, T₃ 为拔节期、挑旗期各灌水 1 次, 各灌水处理灌水量均为 1 t, 每处理重复 3 次。每小区种 1 个品种, 小区长 5 m, 宽 2 m, 裂区排列。2007 年 9 月 28 日播种, 2008 年 6 月 25 日收获 P12 和 138, 7 月 3 日收获米 808。

1.3 测定项目及方法

分别在拔节期、孕穗期、开花期、灌浆初期、灌浆末期、成熟期, 利用 SPAD 叶绿素仪测定最上部完全展开叶的叶绿素含量动态变化, 测定时间为 13:00~14:00; 利用冠层分析仪(LAI-2000, Li-Cor Inc, Lincoln NE)测定群体叶面积指数(LAI)和透光率(DIFN)的动态变化, 测定时间为 17:00~18:00; 利用红外气体分析仪(LI-6400, Li-Cor Inc, Lincoln NE)测定最上部完全展开叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(G_s)和胞间 CO₂ 浓度(C_i), 测定时间为 13:00~14:00; 收获前每小区取 1 m 行长的冬小麦单独收获, 调查生物产量、有效穗率, 选取有代表性的 10 穗考种, 测定产量及其构成因素。

1.4 数据处理

试验结果采用数据处理软件 Microsoft Office Excel 和统计分析软件 DPS 进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 叶片叶绿素含量的动态变化

由图 1 表明, 参试品种叶绿素含量总的趋势是, 拔节期到灌浆初期逐渐增加, 灌浆后期开始下降。

收稿日期: 2009-04-30
基金项目: 总理基金(DMBY96-03); 国家自然科学基金(30900894)
作者简介: 王艺陶(1983-), 男, 山东牟平人, 在读硕士, 主要从事冬小麦生理研究。E-mail: wangyitao-happy@163.com。
* 通讯作者: 衣莹(1971-), 女, 内蒙古赤峰市人, 讲师, 主要从事作物抗逆生理与农业推广教学和研究工作。E-mail: yiyiing630@sohu.com。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

同一品种不同水分处理间,叶绿素含量 T_3 处理叶绿素含量变化最为明显,P12、138、米 808 在灌浆初期达到最大值,分别比对照的增加了 44.5%、46.6%、

41.7%,呈现倒“V”反转。在成熟期,各品种不同处理间叶绿素含量都显著下降,趋于一致。

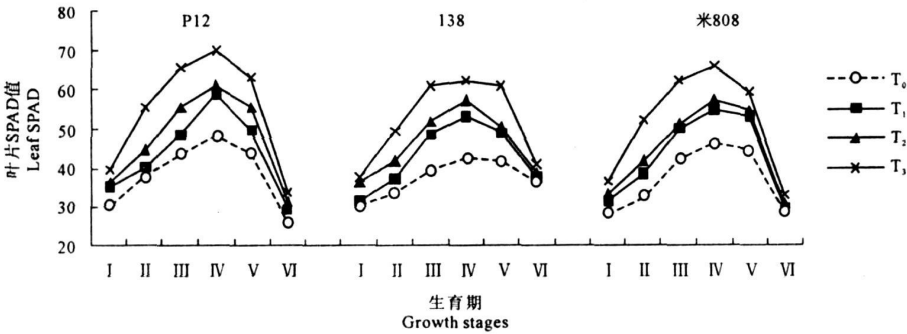


图 1 不同水分处理下冬小麦不同生育时期的叶绿素含量

Fig. 1 SPAD in different irrigation treatments at different growth stages

注:I. 拔节期; II. 孕穗期; III. 开花期; IV. 灌浆初期; V. 灌浆后期; VI. 成熟期, 下图同。

Note: I. Elongation stage; II. Boot stage; III. Flowering stage; IV. Early filling stage; V. Late filling stage; VI. Mature stage. They are the same as in the following figures.

2.2 透光率(DIFN)的动态变化

由图 2 表明,三个参试品种(系)中,P12 的 DIFN 值的变化幅度相对 138 和米 808 要小,米 808 的 DIFN 值较 P12 和 138 的 DIFN 值要低。这可能是由于 P12 在三个品种中的越冬率较低的缘故,而米 808 的抗旱性较好。各品种内透光率(DIFN)表现为 $T_3>T_1>T_2>$ 对照。冬小麦 DIFN 值随着生育期的推进呈现先降后升的趋势,在开花期达到最小值。开花期后透光率逐渐增大,成熟期达到最大。在拔

节期,同一品种不同水处理间, T_2 处理的 DIFN 值和对照相近, T_1 和 T_3 处理的 DIFN 值相近,这是由于在越冬期, T_1 和 T_3 进行了灌水处理,土壤水分含量增加,提高了冬小麦越冬成活率,单位面积的苗数增加,进而降低了 DIFN 值。在每公顷基本苗数一定的情况下,冬小麦的越冬成活率提高,进而降低了冬小麦的 DIFN 值。在成熟期, T_1 和 T_2 处理的 DIFN 值相近,但 T_3 处理与对照相差较远。

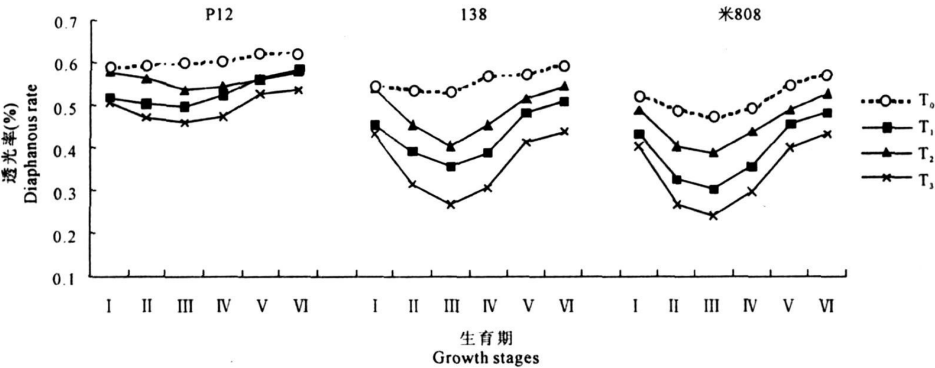


图 2 不同水分处理下冬小麦不同生育时期的透光率

Fig. 2 DIFN in different irrigation treatments at different growth stages

2.3 叶面积指数(LAI)的动态变化

由图 3 可以看出,同一品种不同水处理间各个时期的 LAI, $T_3>T_2>T_1>$ 对照。随着生育期的变化,LAI 呈先升后降的趋势,在开花期达到最大值,P12、138 和米 808 的 LAI 分别达到 2.48、2.96 和

2.98,比对照增加了 101.6%、98.7%和 49.0%,差异显著。对同一品种不同水分处理冬小麦叶面积指数(LAI)的变化特征与冠层透光率(DIFN)的变化特征比较后发现,冬小麦叶面积指数与透光率的变化趋势基本相反,透光率的变化呈明显的“V”型,而叶面

积指数呈倒“V”型。LAI 在开花期达到最大值,DIFN 在开花期达最小值,这与董祥开等^[7]的研究是一致的。

2.4 灌浆初期旗叶的光合特性

由表 1 可知,P12、138 和米 808 在灌浆期,净旗叶光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)和气孔导度(G_s)的变化趋势是 $T_3>T_1>T_2>T_0$ 。以净旗叶光合速率(P_n)为例,P12 的 T_3 、 T_2 、 T_1 处理分别比对照 T_0 高了

30.1%、6.4%、17.9%,三处理差异极显著($F=965.06, P<0.01$);138 的 T_3 、 T_2 、 T_1 处理分别比对照 T_0 高了 33.7%、6.5%、20.1%,三处理差异极显著($F=1\,924.99, P<0.01$);米 808 的 T_3 、 T_2 、 T_1 处理分别比对照 T_0 高了 35.4%、8.6%、21.1%,三处理差异极显著($F=250.25, P<0.01$)。而胞间 CO_2 浓度(C_i)的趋势是 $T_3<T_1<T_2<T_0$ 。

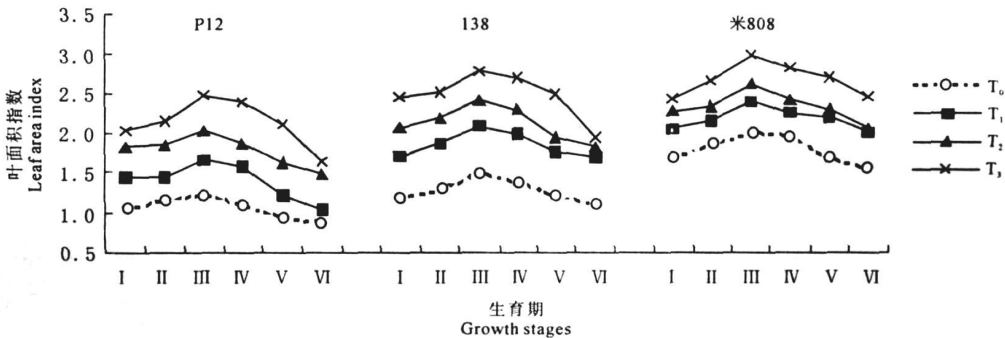


图 3 不同水处理下冬小麦不同生育时期的叶面积指数
Fig.3 LAI in different irrigation treatments at different growth stages

表 1 灌浆期冬小麦旗叶的光合特性

Table 1 Photosynthetic characteristics of winter wheat leaves at filling stage

品种 Varieties	处理 Treatment	净光合速率 P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$] Net photosynthetic rate	蒸腾速率 T_r [$\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$] Transpiration rate	气孔导度 G_s (mmol/mol) Stomatal conductance	胞间 CO_2 浓度 C_i ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) Intercellular CO_2 concentration
P12	T ₀	15.6 D	3.45 D	0.198 D	236.5
	T ₁	18.4 B	5.66 B	0.216 B	213.9
	T ₂	16.6 C	4.51 C	0.203 C	225.6
	T ₃	20.3 A	6.73 A	0.234 A	198.4
138	T ₀	16.9 D	4.28 D	0.202 D	219.4
	T ₁	20.3 B	6.16 B	0.236 B	187.6
	T ₂	18.0 C	5.51 C	0.216 C	205.7
	T ₃	22.6 A	6.93 A	0.247 A	165.3
米 808 M808	T ₀	17.5	4.57 D	0.201 D	216.5
	T ₁	21.2	6.22 B	0.222 B	184.6
	T ₂	19.0	5.74 C	0.213 C	201.6
	T ₃	23.7	7.25 A	0.236 A	171.8

注:大写字母同列不同字母表示差异达到极显著水平($P<0.01$)。
Note: Different capital letters in the same column mean significant difference at $P<0.01$ level. T₀: Reference. T₁: Elongation stage irrigation. T₂: Boot stage irrigation. T₃: Elongation stage and boot stage irrigation.

2.5 产量及其相关性状分析

由表 2 可以看出,同一品种间不同水分处理的产量大小; $T_3>T_1>T_2>T_0$,千粒重大小; $T_3>T_1>T_2>T_0$ 。产量的构成因素主要是每公顷有效穗数、穗粒数和千粒重三个方面,均与产量呈正相关,在单位

面积穗数一定的条件下,生育期内灌水可以提高有效穗数、穗粒数和千粒重,而且均是 T_3 处理的值最高,但一水处理的 T_1 和 T_2 之间千粒重差异不显著,说明一水处理的 T_1 和 T_2 的产量差异是由于有效穗数和穗粒数共同作用引起的。

3 结论与讨论

严平等^[8]研究表明,不同程度的水分处理对小麦生育进程都有影响,而灌溉是冬小麦高产的重要保证,灌溉条件下,可以改善冬小麦群体的结构。本试验结果表明,冬小麦叶片 LAI 在开花期达到最大值,此时 LAI 值大小是: $T_3 > T_2 > T_1 > T_0$ 。DIFN 与 LAI 正相反,在开花期达到最小值,冬小麦群体透光率最差。这说明,增加灌溉能提高冬小麦的群体叶面积,冬小麦的主要光合器官是叶片,对物质的积累具有十分重要的作用。通过 T_2 和 T_1 处理,可以知道,冬小麦田间生产进行越冬灌溉和拔节灌溉都是必不可少的。在条件允许的情况下,对冬小麦施越

冬水和拔节水,能显著提高群体的 LAI。

叶绿素是植物光合作用过程中将光能转化为化学能并用于物质合成的关键要素,是植物营养的基础,其含量的高低与植株的光合速率密切相关,叶绿素含量的增加,能提高植株的光合能力^[9]。李存忠^[10]研究表明,水分亏缺加速小麦旗叶中叶绿素含量和蒸腾速率下降。本实验表明,同时施以越冬水和拔节水的 T_3 处理的冬小麦群体叶绿素显著增加,延缓了冬小麦的衰老,提高了冬小麦的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)和气孔导度(G_s),降低了胞间 CO_2 浓度(C_i),这与许振柱等^[11]的研究是一致的。但梁银丽等^[12]认为,在有些情况下轻度水分亏缺的光合速率比充分灌水处理的光合速率还要高。

表 2 不同水分处理下冬小麦产量性状

Table 2 Yield traits of winter wheat in different irrigation treatments

品种 Varieties	处理 Treatment	有效穗率(%) Effective spike rate	生物产量 (g/10 株) Biomass	结实率(%) Maturing rate	穗粒数 (粒/10 穗) Grain number	千粒重(g) 1000-grain weight	产量 (kg/hm ²) Yield
P12	T ₀	92.4	30.6	96.9 A	310.5	38.9 C	3603.6 D
	T ₁	93.9	27.6	94.9 C	317.7	41.6 B	4309.8 B
	T ₂	95.4	27.9	96.0 B	312.0	41.8 B	3956.1 C
	T ₃	96.3	26.3	92.0 D	330.3	43.5 A	5045.5 A
138	T ₀	93.6	24.9	92.9 B	323.0	35.4 C	4161.0 D
	T ₁	94.2	27.2	93.9 A	358.0	36.2 B	4824.1 B
	T ₂	94.6	26.2	92.7 C	325.7	36.3 B	4505.6 C
	T ₃	95.6	22.7	91.0 D	368.3	38.9 A	5516.6 A
米 808	T ₀	94.7	34.9	93.9 A	392.3	34.9 C	4450.3 D
	T ₁	95.1	30.5	91.7 C	328.0	35.7 B	4820.7 C
	T ₂	95.6	28.1	92.1 BC	356.0	35.8 B	4864.5 B
	T ₃	96.5	32.2	92.9 B	315.0	38.8 A	5479.8 A

本试验表明,P12、138 和米 808 在越冬期和拔节期进行灌溉都可以增加冬小麦的产量,虽然增幅不同,但趋势相近。因此,冬小麦的灌溉应根据冬小麦各生育阶段的生长规律,不仅要考虑到灌溉的时期,还要考虑到灌溉的水量大小等问题,平衡冬小麦产量构成因素的各个方面,以获得最佳的冬小麦节水灌溉体系。

参考文献:

[1] 陈立栋. 冬小麦节水栽培生理生态研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2002.

[2] 陈晓远, 高志红, 罗远培, 等. 水分胁迫效应对冬小麦生长发育的影响研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(3): 43—46.

[3] 单长卷. 土壤干旱对冬小麦水分生理和生物量分配的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 16(2): 127—129.

[4] 高志红, 陈晓远, 刘晓英, 等. 土壤水分胁迫对冬小麦后效的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(3): 48—53.

[5] 傅兆麟, 孙其信. 超高产基因型小麦冠层叶片生理特性及与有关产量性状的关系[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(2): 16—20.

[6] 傅兆麟, 孙其信. 小麦超高产基因型冠层结构有关问题的研究[J]. 淮北煤炭师范学院学报, 2002, 25(1): 32—36.

[7] 董祥开, 衣莹, 刘恩财, 等. 氮素对燕麦冠层结构及光合特性的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 133—137.

[8] 严平, 任杰, 梅雪英, 等. 节水栽培对小麦生育期及生理生化影响[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(6): 1129—1130.

[9] 张秋英, 李发东, 刘孟雨, 等. 水分胁迫对小麦旗叶叶绿素 a 荧光参数和光合速率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 80—84.

[10] 李存忠. 土壤水分胁迫对冬小麦的生理效应[J]. 山东农业大学学报, 1991, 22(4): 384—290.

[11] 许振柱, 于振文, 李晖, 等. 限量灌水对冬小麦光合性能和水分的利用的影响[J]. 华北农学报, 1997, 12(2): 65—70.

[12] 梁银丽, 康绍忠. 节水灌溉对冬小麦光合速率和产量的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 16—19.

(英文摘要下转第 72 页)

Study on effects of different irrigation treatments on
evapotranspiration and yield in spring maize

LIU Yu-jie^{1,2}, LI Yuan-nong^{3*}, PAN Tao¹, ZHAI Lu-xing⁴, DU Zi-long³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. College of Hydraulic and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

4. School of Environment and Resources, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: A study is made on the water-consuming law and yield of spring maize under treatments of different irrigation quota on each application and frequency. The experimental results show that with the same irrigation quota, irrigation frequency affects significantly maize yield and soil water content fluctuation of high irrigation frequency treatment changes more slowly than that of low irrigation frequency treatment, and soil water variation keeps in a stable range. With the same irrigation frequency, the yield improves with irrigation quota in some scope. Water consumption increases with irrigation quantity, the high soil water consumption time in the whole growing period are jointing~tassel emergence and tassel emergence~milky maturity stages. In these stages spring maize is sensitive to water stress. They are the critical stages of water requirement, and WUE decreases as the irrigation quantity increases.

Keywords: film-hole irrigation; maize; irrigation schedule; water-consuming law; yield

(上接第 66 页)

Effects of irrigation on winter wheat photosynthetic
character and canopy structure

WANG Yi-tao¹, YI Ying^{2*}, ZHANG Jian-xin¹, HOU Li-bai², KANG Jian-tao¹, DONG Xiang-kai²

(1. Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830000, China;

2. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: Irrigation treatments are conducted in different growth stages of winter wheat to study their effects on winter wheat canopy structure, photosynthetic character and yield. The results show that two irrigation treatment (in winter period and jointing stage) the chlorophyll content and LAI of winter wheat always maintain a high level in the whole growth period, while they show an inverted “V”-type in the early filling stage and flowering stage. The effects of irrigation treatments on the DIFN are in opposite to the trends of LAI changes. Two irrigation treatment the winter wheat flag leaf net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate increase more significantly compared to one irrigation treatment (in winter or jointing stage), and intercellular CO₂ concentration decreases. The yield of all three varieties of P12, 138 and M808 reaches the maximum in the two irrigation treatment, reaching 5 045 kg/hm², 5 516 kg/hm² and 5 479 kg/hm², respectively.

Keywords: irrigation; winter wheat; canopy structure; photosynthetic character; yield character