

节水灌溉对冬小麦光合速率和产量的影响

梁银丽 康绍忠

(中国科学院水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘 要 依据田间隔水小区试验,对节水灌溉下的冬小麦光合速率和产量进行了研究。结果表明,小麦全生育期有两个光合作用高峰,第一在营养生长与生殖生长并进期,第二在开花后;严重水分亏缺光合速率显著降低,轻度水分亏缺对光合速率无明显影响,严重水分亏缺导致光合速率显著下降的原因是气孔因素所致;变水处理光合速率显著增加;节水高产高效灌水量应控制在 260 mm 左右,灌水应在苗期和开花前进行。

关键词 节水灌溉,光合特性,灌溉效率,冬小麦

分类号 S512.101

水分是旱区作物产量的一个关键性限制因子,尤其在黄土高原地区。以往关于土壤水分对冬小麦光合作用和产量的影响已有许多研究^[1-6],但缺乏田间不同水分条件交替处理的系统研究。近年来随着集水农业和以此为基础的集流补灌措施的发展,使得在黄土高原地区实行节水灌溉成为可能。本研究试图为节水灌溉提供一些生理依据和信息。

1 材料与方法

试验于 1995~1997 年在长武农业生态站有遮雨棚的田间隔水小区中进行。随机区组处理,重复 2 次。灌水设不同时期(苗期 11 月 4 日,返青期 3 月 8 日,拔节期 4 月 22 日,开花期 5 月 22 日和灌浆期 6 月 10 日)和不同灌水量。每期灌水设 3 个水平:①充分灌水(H,土壤相对含水量为田间持水量的 75%左右);②轻度干旱(M,土壤相对含水量为 60%左右);③严重干旱(L,土壤相对含水量为 45%左右)。播前所有小区灌水 40 mm,以确保苗全苗匀,以后各期灌水量根据中子水分仪测定的土壤含水量和设计土壤含水量确定,用水表控制。小区面积 6 m²(3 m×2 m),播种密度 200 株/m²。氮磷肥(P₂O₅)使用量分别为 150 和 120 kg/hm²。用 CI-301 型便携式光合作用系统测定光合作用。成熟期收获两个重复的所有小区,测定生物量和籽粒产量。统计结果表明,重复间差异不显著($F=2.823, F_{0.05}=4.54, F_{0.01}=8.68$),处理间差异达极显著水平($F=6.652^*, F_{0.05}=2.43, F_{0.01}=3.56$)。本文用两个重复的平均值进行分析。

2 结果与讨论

2.1 小麦光合速率(P_n)随日期的变化

研究结果表明(表 1),在不同土壤水分条件下,小麦光合速率随日期有明显变化。在

收稿日期 1997-12-29

课题来源 中国科学院“百人计划”项目,中国科学院人发字(1994)0574号;干旱农业生态国家重点实验室基金资助项目;中国科学院“九五”重大资助项目, KZ95T-04-01-09

作者简介 梁银丽,女,1957年生,副研究员,在读博士

小麦全生育期有两个光合作用高峰,第一个在营养生长与生殖生长并进期,第二个在开花后,这与小麦生物量的积累进程相似。不同灌水条件下的光合速率存在明显差异,严重水分亏缺的处理(L)光合速率显著降低,轻度水分亏缺(M)对光合速率无明显影响,在有些情况下轻度水分亏缺时的光合速率比充分灌水处理(H)的光合速率还要高

表 1 节水灌溉条件下小麦光合速率随日期的变化 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

处 理	日期 / 日 · 月 ⁻¹								
	17/4	29/4	6/5	10/5	11/5	18/5	23/5	29/5	9/6
H-H-H-H	6.2	6.97	8.74	4.85	4.74	7.94	5.71	5.32	4.81
M-M-M-M	6.1	6.67	8.27	5.12	5.49	8.04	6.26	4.25	4.95
L-L-L-L	3.9	4.52	6.31	3.33	3.01	7.64	5.19	3.95	4.45

注:① H-H-H-H表示在 11月 4日、3月 8日、4月 22日、5月 22日 4个时期土壤水分控制到相对含水量的 73%。

其他依次类推,下同;

② 17/4表示 4月 17日,其他类同。

2.2 小麦光合速率(P_n)日平均值的变化

在持续水分胁迫或充分灌水条件下,无论是多云还是晴朗的天气,严重水分亏缺处理(L-L)导致光合速率的日平均值显著下降;轻度水分亏缺(M-M)并不对光合作用产生明显影响。严重水分亏缺导致光合速率显著下降的原因可能是非气孔因素所致,因为严重水分亏缺处理(L-L)的小麦叶片有比较高的细胞间隙 CO_2 浓度(C_i) (表 2)。由表 2 可见,改变水分供应将引起小麦光合速率的明显变化。L-H处理与 L-L处理比较, P_n 增加 36.9%,但是与 H-H处理比较, P_n 降低 14.5%,并未达到 H-H处理水平;M-L处理与 L-L处理比较, P_n 增加 115.4%,与 M-M比较, P_n 增加 37.7%;H-L处理与 L-L处理比较, P_n 增加 87.2%,与 H-H处理比较, P_n 增加 17.7%。这说明变水处理导致 P_n 的显著增加

表 2 小麦光合速率日平均值的变化

处 理	$P_n \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$C_i \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$	处 理	$P_n \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$C_i \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$
L-L(CK)	3.9	219	L-H	5.3	210
M-M	6.1	189	M-L	8.4	203
H-H	6.2	206	H-L	7.3	209

注:1996年 4月 17日在长武测定

2.3 小麦光合速率的日变化

在持续的水分胁迫或充分灌水条件下,光合速率日变化呈双峰曲线(图 1),但低谷不明显,高峰维持在较高水平和较长时间,在 H-H和 M-M处理间无明显差异,但严重水分亏缺 L-L的光合速率显著低于 H-H和 M-M。变水处理光合速率呈单峰曲线,且 M-L和 H-L的处理明显高于 L-L、M-M和 H-H的处理。

2.4 小麦产量和灌溉效率

在全生育期持续的水分胁迫或充分灌水条件下,严重水分亏缺的生物量和籽粒产量最低,充分灌水的最高,轻度水分亏缺的产量处于二者之间。只有在全生育期严重水分亏缺不多于两期情况下,小麦产量才可能达到或高于 $3750 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。在产量高于 $3750 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 的所有处理中,两期严重水分亏缺交替出现所得产量显著高于连续出现严重水分亏缺的产量(表 3)。

表 3 灌水量对小麦产量和灌溉效率的影响

处 理	灌水量 /mm	生物产量 /kg ^o hm ⁻²	籽粒产量 /kg ^o hm ⁻²	灌溉效率 /kg ^o mm ⁻¹
L-L-L-L-L	97	6 720	2 655	1. 818
L-L-L-H-M	187	7 860	3 180	1. 133
L-H-M-L-L	167	8 715	3 375	1. 345
M-M-M-M-M	241	8 880	3 570	0. 989
L-M-L-L-M	183	9 630	3 705	1. 346
H-L-M-H-M	306	9 345	3 795	0. 827
M-L-L-M-H	241	9 705	3 870	1. 070
M-H-L-L-H	281	11 670	4 020	0. 955
M-H-M-L-L	216	10 110	4 080	1. 257
H-H-L-M-L	268	10 545	4 230	1. 049
L-M-H-M-H	302	13 215	4 245	0. 938
M-M-H-H-L	302	11 940	4 500	0. 995
H-H-H-H-H	408	14 220	4 500	0. 736
H-M-H-L-M	257	12 735	4 575	1. 187
H-L-H-L-M	269	13 050	4 920	1. 223

由表 3 可见,总生物量和籽粒产量与总灌水量、苗期灌水量之间存在明显正相关。苗期灌水对冬小麦早发、安全越冬和获得高产非常重要,其次是开花前。这一结果与过去研究认为冬小麦水分临界期第一个在花粉母细胞四分体到花粉粒形成阶段,第二个在开始灌浆到乳熟末期的结论有所不同,原因可能是试验研究的条件不同,本研究是在苗全的基础上从冬前就开始进行不同土壤干旱程度的处理,全生育期分五个阶段控制土壤水分,过去研究多在苗全苗壮基础上进行,且控水时期和程度也极不相同;另外是本试验研究在黄土高原沟壑区进行,冬小麦产量潜势也仅为 5 000 kg/hm² 左右,小麦早发形成壮苗和安全越冬对以后生长发育和高产有特殊重要性^[7],而过去研究所得结论属于高产的水分需求规律,并未考虑节水的问题。从灌水效率而言,在产量高于 3 750 kg/hm² 的处理中,H-M-H-L-M 和 H-L-H-L-M 处理是既高产又高效的灌水模式。节水高效灌水量为 260 mm 左右,且分布在苗期和开花前。

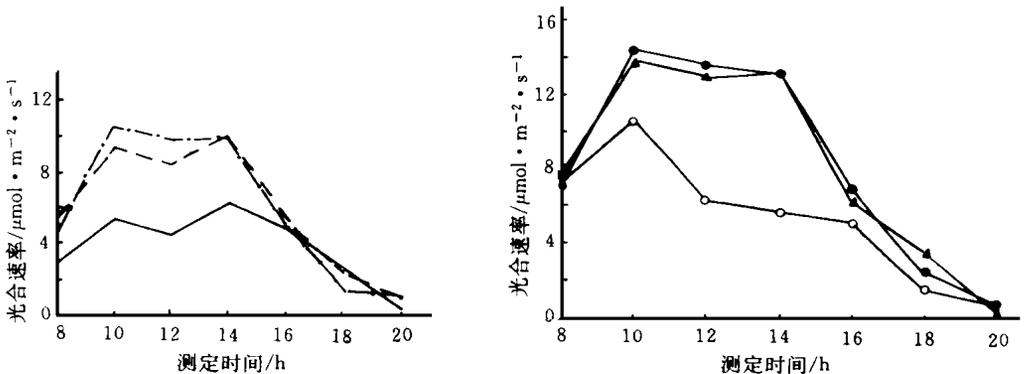


图 1 不同水分处理时小麦光合速率 (Pn)的日变化

(1996年 4月 17日测定)

— L-L - - - M-M - · - · - H-H - - - L-H - · - · - M-L - · - · - H-L

3 结 论

严重水分亏缺造成小麦光合速率极显著降低,轻度缺水对光合作用无明显影响;变水处理的冬小麦光合速率显著高于持续一个水分水平的处理, M-L和 H-L处理的光合速率明显高于 L-L, M-M和 H-H处理。在小麦产量高于 3 750 kg/hm²的处理中,那些两期水分亏缺相间处理的产量显著高于两期水分亏缺连续的处理。苗期灌水对冬小麦早发、安全越冬和高产极为重要,其次是开花前;节水高效灌水量应控制在 260 mm左右,且首先在苗期,然后是开花前进行灌水。

参 考 文 献

- 1 张岁歧,山 仑. 氮素营养对春小麦抗旱性和水分利用的影响. 见: 汪德水主编. 旱地农田肥水关系原理与调控技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 129- 135
- 2 杨改河. 冬小麦量水施肥技术研究. 西北农业学报, 1996(2): 47- 51
- 3 张正斌,山 仑. 小麦旗叶水分利用效率比较研究. 科学通报, 1997, 45(17): 26- 28
- 4 梁银丽,康绍忠. 限量灌水和磷对冬小麦产量及水分利用的影响. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997(1): 61- 67
- 5 Bala Subramanian V, Maheswari M. Compensatory growth responses during reproductive phase of cowpea after relief of water stress. J Agronomy & Crop Science, 1992, 168: 58- 90
- 6 Liang Y L, Rachard A R. Coleoptile tiller development is associated with fast early vigor in wheat. Euphytica, 1994, 80: 214- 218
- 7 梁银丽. 黄土区有限灌水对冬小麦幼苗早发的作用. 西北农业学报, 1998(3), 46- 50

Effects of Water-Saving Irrigation on Photosynthesis and Yield of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Liang Yinli Kang Shaozhong

(Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Conservancy, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract According to field experiments conducted in rain sheltered condition, physiological and yield characters of winter wheat were studied. The research results indicated that there were two peaks of photosynthesis rate in winter wheat (*Triticum aestivum* L.), the first was during the vegetative and reproductive phase, the second after flowering. Photosynthesis rate decreased obviously under serious water stress, light water deficit did not affect photosynthesis rate significantly, the reason for serious water stress to decrease photosynthesis was no stomatic factor. Alternative water supply makes photosynthesis rate increase remarkably. Optimum irrigation quantity for winter wheat to increase yield and water use efficiency should be about 260 mm and distributed at seedling stage and before flowering.

Key words water-saving irrigation, photosynthesis, Irrigating efficiency, winter wheat