

灌水量和灌水时期对冬小麦耗水特性和生理特性的影响

邓洁, 陈静, 贺康宁

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 10083)

摘要:以优质冬小麦品种烟农475为试验材料,研究了不同灌水量和灌水时期对小麦的耗水特性、生理特性、籽粒产量及水分利用效率的影响。结果表明:土壤水分过多或不足都会对冬小麦的籽粒产量和产量水分利用效率造成影响,灌水时期的不同也会对冬小麦籽粒产量产生影响。灌5水的处理W4籽粒产量最高,产量水分利用效率也较高,说明W4处理是兼顾高产和节水的最佳灌溉方式。

关键词:冬小麦; 灌水量和时期; 耗水特性; 生理特性

中图分类号: S274; S512.01

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)02-0191-04

Effect of Irrigation Amount and Stage on Water Consumption Characteristics and Physiological Characteristics of Winter Wheat

DENG Jie, CHEN Jing, HE Kang-ning

(College of Soil and Water Conservation of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: We used the good qualified species Yannong 475 of winter wheat as the study materials, and studied the influences of different irrigation amounts and stages on the water consumption characteristics, physiological characteristics, grain yields and water use efficiency of winter wheat. The results show that excessive and insufficient soil water content would both have affected the grain yields and water use efficiency of winter wheat. And different irrigation stages would also influence the grain yields. In addition, the irrigation treatment W4 has the highest grain yield and higher water use efficiency which shows that W4 treatment is the best irrigation method with higher yields and lower water consumption.

Key words: winter wheat; irrigation amount and stages; water consumption characteristics; physiological characteristics

引言

干旱是农业生产上存在的重要问题。冬小麦是山东省的主要粮食作物之一,冬小麦生育期间干旱少雨,严重限制了冬小麦生产力的发挥,为了满足冬小麦生长发育的需要,生产上主要依靠灌溉水,冬小麦灌溉用水约占北方农业用水的70%^[1]。因此如何尽可能地降低小麦植株及田间的无效耗水,高效利用有限的水分,以缓解日益突出的水资源短缺压力,成为人们关注的热点^[2-3]。目前,不同灌水量和灌水时期对冬小麦的影响的研究已有很多报道,但

大多数是针对不同灌水量和灌水时期对冬小麦的生长及产量影响^[4-6],对于不同灌水量下冬小麦的耗水特性及生理特性研究尚少^[7]。为此,通过试验研究不同时期不同灌水量对冬小麦的耗水及生理特性的影响,以期对冬小麦的节水栽培提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2007-2008年在莱阳农学院电动防雨棚内进行,防雨棚内池为砖砌水泥无底池,每个池面积2 m×2 m,深2 m,无底;土壤为中壤土,0-20 cm土

* 收稿日期: 2009-02-07

基金项目: 黄土半干旱区防护林树种耗水特性及其水分环境容量研究

作者简介: 邓洁(1968-)女,山东威海人,高级工程师,从事水利工程规划设计、施工,小流域综合规划设计及中低产田改造等工作。E-mail: dengjie0631@126.com

通信作者: 贺康宁(1962-)男,青海西宁人,教授,博士生导师,主要从事水土保持专业林业生态工程建设抗旱造林技术研究。E-mail: hkn@bjfu.edu.cn

壤容重为 1.35 g/cm³, 土壤田间持水量为 25%(占干土重), 地下水埋深 2~3 m。试验设 9 个处理, 分别以 W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8 和 W9 表示, 其中 W1 为对照。采用随机区组法进行试验设计, 每处理设 3 个重复。试验处理设计见表 1。

表 1 试验灌水处理										mm
灌水时期	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	
底水	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
冬水	50	50	50	50				50	50	
起身	50	50								
拔节	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
抽穗	50			50	50	50	50			
灌浆	50	50		50	50	50			50	
落黄	50		50			50	50			
合计	350	250	200	250	200	250	200	150	200	

供试验品种为烟农 475, 2007 年 10 月 5 日播种, 2008 年 6 月 10 日收获。池栽每池种 8 行, 平均行距 25 cm, 基本苗为 199.5 万/hm²。播前施肥量按有机肥 60 000 kg/hm², 纯 N 300 kg/hm², P₂O₅300 kg/hm², K₂O 300 kg/hm², 于整地前一次性施入, 其他栽培管理措施与大田一致。采用定时定量灌水, 全生育期控制灌水。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 作物耗水量 采用农田水分平衡法计算^[8]。计算作物耗水量: $ETa = P + I - \Delta W$, 式中: ETa ——作物生育期耗水量(mm), 包括植株蒸腾量与棵间蒸发量; P ——降水量(mm); I ——灌溉量(mm); ΔW ——不同生育时期之间的土壤贮水变化量, 即土壤贮水消耗量。土壤贮水量: $W = 0.1 \times r \times v \times h$ 。式中: W ——不同深度的土壤贮水量(mm); r ——土壤相对含水量(%); v ——土壤平均容重(g/

cm³); h ——土层深度(cm)。

1.2.2 水分利用效率 产量水分利用效率(kg/hm²·mm)= 籽粒产量(kg/hm²)/作物全生物期耗水量(mm); 灌水利用效率(kg/hm²·mm)= 籽粒产量(kg/hm²)/灌水量(mm)^[9]。

1.2.3 生理指标的测定 叶绿素的测定采用比色法测定。采用美国产 LI-core-6400 光合系统测定不同时期的光合速率(P_n)。测定时, 利用 LI-6400-02B 红蓝光源, 将模拟光辐射强度统一设置为 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 叶室温度设定为 25℃。

1.3 数据分析

用 Microsoft Excel 2003 对数据进行绘图, 采用 SPSS13.0 统计分析软件对数据进行单因素方差分析, 并用 Duncan 法进行差异显著性多重比较($P < 0.05$)。

2 结果分析

2.1 不同处理对冬小麦耗水量和不同来源水分占总耗水量百分率的影响

由表 2 可知, 麦田总耗水量及灌水量占总耗水量的百分率随灌水量的增加而增大。灌水量占总耗水量的百分率为 W1>W2, W4, W6>W3, W5, W7, W9>W8, 土壤贮水量占总耗水量的百分率为 W8>W9>W5>W3>W7>W2, W4, W6>W1。在灌水量均为 200 mm(W3, W5, W7 和 W9 处理)条件下, W9 处理的土壤贮水消耗量占总耗水量的百分率显著低于 W3, W5, W7 而 W9 的籽粒产量高于 W3 和 W5, W7 处理, 说明相同灌水量条件下, 不同的灌水时期组合对于冬小麦产量形成的影响有所不同, W9 处理有利于冬小麦的生长发育, 获得了高产, 同时, 提高了灌溉水的利用效率, 保蓄了土壤水分。

表 2 不同处理对麦田耗水量和不同来源水分占总耗水量百分率的影响

处理	总耗水量	灌水量		土壤贮水消耗量	
		%	mm	mm	%
W1	359.91±0.7786a	350	97.2a	9.91±0.7786e	2.8f
W2	263.38±1.2058b	250	94.9b	13.38±0.2058d	5.1e
W3	216.02±0.4418e	200	92.6cd	16.02±0.4418c	7.4cd
W4	263.34±0.4161b	250	94.9b	13.34±0.4161d	5.1e
W5	216.66±0.5298e	200	92.3d	16.67±0.5298c	7.7c
W6	263.47±0.3991b	250	94.9b	13.47±0.399d	5.1e
W7	215.03±0.7431e	200	93.0c	15.03±0.743cd	7.0d
W8	173.63±0.5630f	150	86.4f	23.63±0.563a	13.6a
W9	220.03±0.5122c	200	90.9e	20.03±0.5122b	9.1b

2.2 不同处理对冬小麦群体发展变化的影响

由表 3 可以看出,各处理的冬前分蘖以 W8 群体最大,与处理 W7, W9 无显著差异,显著高于 W1, W2, W3, W4, W5, W6。春季最高分蘖以处理 W1 最高,而只灌底水未灌冬水的处理 W5, W6, W7 显著低于其他处理。各处理的穗数以处理 W1 最大,达到 627.45 万/hm²。随着灌水量灌水时期的不同,处理 W1, W2> W4, W9> W3> W8> W5, W6, W7, 表明只灌底水,不灌冬水和起身水对于冬小麦的穗数影响很大,说明在冬小麦拔节前增加灌水次数,能够促进小麦春季分蘖及穗数增多。

2.3 不同处理对冬小麦旗叶叶绿素含量和光合速率变化的影响

由图 1 可以看出,不同时期不同处理下的叶绿素含量变化趋势有所不同。挑旗期,灌 5 水的 W4 处理叶绿素含量大于 W6 处理,说明冬水的灌溉对于冬小麦挑旗期物质的积累有着重要的作用。开花期灌 7 水的处理 W1 的叶绿素含量低于灌 5 水的处理 W4,表明水分过多也不利于冬小麦的生长。同

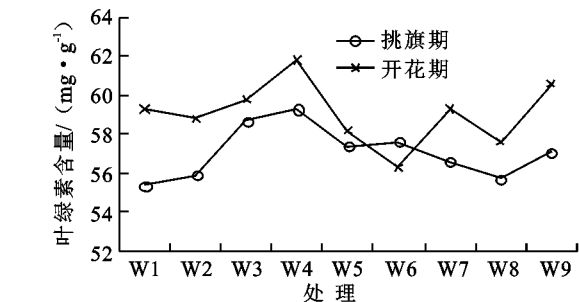


图 1 不同处理对冬小麦旗叶叶绿素含量的影响

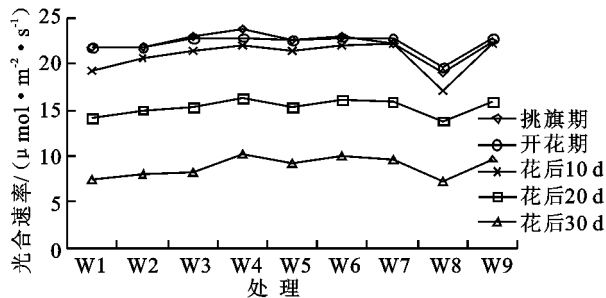


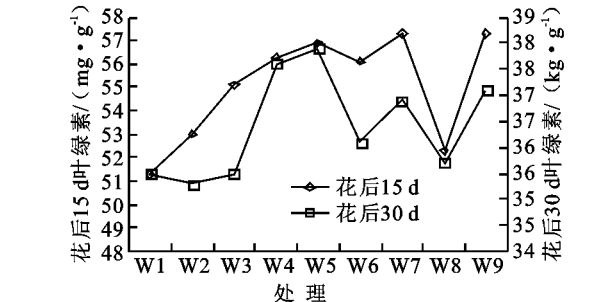
图 2 不同处理对冬小麦光合速率变化的影响

由图 2 可以看出,各处理旗叶光合速率自挑旗期逐渐升高到开花期达到最大值,开花后就转入下降趋势。不同时期不同处理下的光合速率的变化趋势大致相同,各时期均以灌 5 水的处理 W4 的光合速率最大,以灌 3 水的处理 W8 最小,而灌 7 水的处理 W1 的值也小于处理 W4,这表明,灌水过多或过少均不利于光合作用的提高。灌 5 水的处理 W2、W4、W6 以 W4 值最大,其次是处理 W6,处理 W2 最低,表明前期灌水过多和后期灌水过多均不利于光合速率的提高。

样灌 5 水的处理 W2、W6 的叶绿素含量也低于 W4,表明不同时期的灌水对冬小麦的生长也有很大的影响。开花后,不同处理下的叶绿素含量均有所下降。所有时期均以灌 3 水的处理 W8 的叶绿素含量最低,这是因为水分过少抑制了冬小麦的生长。

表 3 不同处理对冬小麦群体发展变化的影响 万株/hm²

处 理	群体发展变化		
	冬前分蘖	春季最高分蘖	每 1 hm ² 穗数
W1	981±0.0578bcd	2644.8±0.03464a	627.45±0.1453a
W2	978±0.0578d	2643.45±0.03606a	623.55±0.153a
W3	981±0.0578bcd	2492.4±0.04978c	597.45±0.1453c
W4	981±0.0578bcd	2501.85±0.1059b	607.5±0.2646b
W5	981±0.0882bcd	2323.5±0.06692d	565.05±0.3283e
W6	985.5±0.0578bc	2312.1±0.1267e	569.55±0.1764e
W7	982.5±0.0578abc	2303.7±0.072f	571.05±0.08819e
W8	982.95±0.0882a	2493.75±0.07234c	584.55±0.1764d
W9	981.45±0.0319ab	2499.9±0.445c	611.55±0.1764b



2.4 不同处理对小麦籽粒产量构成及水分利用效率的影响

由表 4 可以看出,灌 7 水的处理 W1 和灌 3 水的处理 W8 籽粒产量最低,表明灌水过多或过少均影响小麦籽粒产量的提高。灌 5 水的处理 W2、处理 W4 和处理 W6 比较,以处理 W4 产量最高,也是所有处理中最高的,其次为处理 W6,处理 W2 最低,表明在小麦生长前期灌水较多的处理 W2 由于前期营养生长过旺,导致穗粒数和千粒重降低,而降低产量,而处理 W6 在小麦生长前期灌水少后期灌水多,造成前期营养生长不足,导致单位面积穗数下降,而降低产量,处理 W4 由于前期和后期灌水科学合理,既能保证足够的穗数,又能够有较高的穗粒数和千粒重,因而产量最高。灌 4 水的处理 W3、处理 W5、处理 W7 和处理 W9 比较,以处理 W9 的籽粒产量最高,其次为处理 W5,处理 W3 和处理 W7 较低。其原因也是处理 W9 灌水时间科学合理。

表 4 不同处理对小麦籽粒产量构成及水分利用效率的影响

处理	穗粒数/ 粒	千粒重/ g	籽粒产量/ (kg · hm ⁻²)	产量水分利用效率/ (kg · hm ⁻² · mm ⁻¹)	灌水利用效率/ (kg · hm ⁻² · mm ⁻¹)
W1	34.50±0.05774e	38.04±0.4619f	6276.42±0.4807h	17.79±0.04807h	17.93±0.00137i
W2	34.50±0.08819e	38.60±0.1178e	6382.6±0.3606g	24.23±0.02028g	25.53±0.00144h
W3	35.43±0.1453d	39.69±0.1147d	6405.58±0.3283f	29.65±0.05859e	32.03±0.00164e
W4	38.60±0.1155a	41.76±0.0674b	7487.1±0.1155a	30.37±0.07535bc	29.95±0.00046f
W5	36.40±0.1155bc	42.13±0.0666a	6581.3±0.4272d	30.19±0.05897cd	17.93±0.00123c
W6	36.40±0.1732bc	42.43±0.0991a	6686.78±0.2517c	25.38±0.03756f	26.75±0.00058g
W7	36.73±0.1202b	40.30±0.07839c	6453±0.5774e	30.01±0.10651d	32.27±0.00289d
W8	36.27±0.23333c	37.35±0.2575h	6007±0.3464i	30.49±0.07810b	40.05±0.00231a
W9	36.63±0.1453bc	40.12±0.0987c	6853±0.5783b	32.90±0.06888a	17.93±0.00289b

由表 4 可以看出,灌水量和灌水分布时期对冬小麦产量水分利用效率和灌水利用效率均有显著影响。随着灌水量的增多,灌水利用效率反而降低,灌水量相同的处理因灌水时期不同灌溉水分利用效率也有较大差别。处理间产量水分利用效率表现为 W9> W8> W4、W5> W7> W3> W6> W2> W1,说明在此试验条件下,W4 处理是兼顾高产和节水的最佳灌溉方式。由此也可分析出冬小麦灌水量要适中,不是越多越好,灌水时间要合理,要灌关键水。

3 结 论

研究认为^[10-12],土壤水分亏缺影响小麦的产量,而土壤水分过多则降低了水分利用率,这与本研究的结果一致。试验结果表明:灌 3 水的处理 W8 的千粒重及籽粒产量均为最低,灌 7 水的处理 W1 的产量水分利用效率最低;灌 5 水的处理 W4 籽粒产量最高,产量水分利用效率也较高,说明 W4 处理是兼顾高产和节水的最佳灌溉方式。

灌水量的多少和灌水的时期对小麦籽粒产量影响很大,灌水过多尤其是前期灌水过多,容易引起小麦群体过大,严重影响穗粒数和粒重的提高,导致产量下降;前期灌水过少后期灌水较多虽有利于千粒重的提高,但往往由于穗数不足,而导致产量下降。因此,从灌水量和灌水时期分布综合考虑,认为在小麦一生中以灌 4~ 5 次水比较适宜,其中灌 5 水时以灌底水、冬水、拔节水、抽穗水和灌浆水为宜;灌 4 水时以灌底水、冬水、拔节水和灌浆水为宜。

本实验以烟农 475 一个品种为材料进行研究,在一定的灌水量条件下进行的,不同品种对于水分的需求量不同,不同品种以及不同品种在不同灌水量条件下的交互效应还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 李广敏.作物抗旱生理与节水研究[M].北京:气象出版社,2001:181-219.

[2] 刘庚山,安顺清,吕厚荃,等.华北地区不同底墒对冬小麦生长发育及产量影响的研究[J].应用气象学报,2000,11(9):164-169.

[3] 朱自玺,赵国强,方文松,等.不同土壤水分和不同覆盖条件下小麦田间水分动态和增产机理研究[J].应用气象学报,2000,11(9):137-143.

[4] 王德梅,于振文.灌溉量和灌溉时期对小麦耗水特性和产量的影响[J].应用生态学报,2008,19(9):1965-1970.

[5] 褚鹏飞,于振文,张玉芳.灌水量和灌水时期对小麦产量和水分利用效率的影响[J].山东农业科学,2007(1):57-58.

[6] 姜东燕,于振文,张玉芳.灌水量对小麦产量和水分利用效率的影响[J].山东农业科学,2006(6):23-25.

[7] 单长卷,吴雪平,刘遵春.水分胁迫对冬小麦生理特性和产量构成三要素的影响[J].江苏农业学报,2008,24(1):11-16.

[8] 江晓东,李增嘉,侯连涛,等.少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响[J].农业工程学报,2005,21(7):20-24.

[9] 张永丽,于振文.灌水量对不同小麦品种籽粒品质、产量及硝态氮含量的影响[J].水土保持学报,2007,21(5):155-158.

[10] 许振柱,于振文.限量灌溉对冬小麦水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):6-10.

[11] 许振柱,周广胜.农业水分利用效率及其对环境和管理活动的响应[J].自然资源学报,2003,18(3):294-303.

[12] 于振文,岳寿松,沈成国,等.高产低定额灌溉对小麦旗叶衰老的影响[J].作物学报,1995,21(4):503-508.