

灌溉制度对冬小麦耗水及产量的影响*

7
23-26

李建民 王璞 周殿奎 兰林旺

(中国农业大学农学系 北京 100094)

55-12.107.1
S274.1

摘要 研究表明,随灌水量的增加,冬小麦总耗水量明显增加,土壤贮水消耗量相应减少;随总耗水量的增加,冬小麦生育后期耗水所占的比例明显增加,当灌水量相同时,灌水越早的处理耗水量越多。不同的灌溉制度对冬小麦产量结构与产量有显著影响,起身水主要增加穗数,拔节水显著增加穗粒数,而孕穗期或开花期灌水对提高千粒重有明显作用;1水以孕穗期,2水以拔节期和开花期,3水以拔节期、开花期和灌浆期灌水效果最佳。适当控制开花前耗水量,增加开花后耗水量,有利于增加产量和提高水分利用效率。

关键词 冬小麦 灌溉制度 耗水 产量 水分利用效率

Effects of irrigation system on the water consumption and the yield of winter wheat. Li Jianmin, Wang Pu, Zhou Dianxi, Lan Linwang (Department of Agronomy, China Agricultural University, Beijing 100094), *EAR*, 1999, 7(4): 23~26

Abstract The field experiments were carried out at Wutiao Experiment Station of China Agricultural University from 1993 to 1994. Eleven irrigation systems were made up by five irrigated rates at winter wheat growth period from non-irrigation (0 mm) to four-time irrigation (4×75 mm), and by five irrigated times from upstanding stage to grain-filling stage, their water consumption and yield formation were studied. The results showed that the total water consumption increased, and soil storage water consumption decreased in proportion to the increment of irrigated water; and the proportion consumed after flowering stage increased as the total water consumption increased. The yield and their components changed significantly under different irrigation systems. It showed that irrigation at upstanding stage increased ear number, at jointing stage increased grain number, and at booting stage or flowering stage increased grain weight. Irrigation once at booting stage was the best. Two-times of irrigation should be given at jointing stage and flowering stage, and three times of irrigation should be given at jointing stage, flowering stage and grain-filling stage. It was very useful for higher yield and water use efficiency by limiting the water consumption before flowering stage and increasing the consumption after flowering stage.

Key words Winter wheat, Irrigation system, Water consumption, Yield, Water use efficiency

冬小麦水分来源包括降水、灌水和土壤贮水3部分。受季风气候的影响,华北地区约

*“八五”国家科技攻关项目(85-06-01)和“九五”国家自然科学基金项目(39570437)部分研究内容
收稿日期:1998-11-02 改回日期:1998-12-18

70%的降水量集中于6~8月,因而雨季来临前腾出土壤库容、增加土壤蓄水能力将减少降水资源损失^[1]。所以,在冬小麦生长季内减少灌水量,提高土壤贮水利用率能节约地下水资源,在一定程度上提高降水的利用率。一般而言,适度水分亏缺并不会导致作物减产,且显著提高水分利用效率^[2]。因此,研究灌溉制度对冬小麦耗水和产量形成的影响规律,对于探讨冬小麦节水高产的途径具有重要意义。

1 试验材料与方法

试验于1993~1994年在河北省吴桥县中国农业大学吴桥实验站进行。供试土壤为壤质底粘潮土,肥力中等偏上。冬小麦品种为“冀麦26”。播种前灌足底墒水,1993年10月15日播种,基本苗为750株/m²。基施有机物30m³/hm²,磷二铵375kg/hm²。春后第1次灌水时追施尿素225kg/hm²;播后不灌水为对照,对照的尿素追肥作为基肥施用。试验按灌水次数分0~4次5个级别,分别为对照、1水、2水、3水和4水处理;按灌水时间分起身、拔节、孕穗、开花和灌浆5个灌水期。按灌水量、灌水次数和灌水期组合共11个处理。小区面积30m²,每处理重复3次。冬小麦主要生育期分层测定2m土体内土壤含水量,然后根据土壤含水量、灌水量和降水量,用平衡法计算不同灌溉制度耗水状况。冬小麦成熟时进行考种和样方测产,并计算水分利用效率。

2 结果与分析

2.1 灌溉制度对耗水量及其组成的影响

从冬小麦全生育期的耗水量及其水源组成看,在降水量为121.3mm情况下,冬小麦不灌水(CK),测得土壤含水量为249.0mm,计算出冬小麦总耗水量为370.3mm;冬小麦起身期灌1水75mm(I-1),测得土壤含水量为231.0mm,计算出冬小麦总耗水量为427.3mm;冬小麦拔节期灌1水75mm(I-2),测得土壤含水量为209.9mm,计算出冬小麦总耗水量为406.2mm;冬小麦孕穗期灌1水75mm(I-3),测得土壤含水量为211.2mm,计算出冬小麦总耗水量为407.5mm;冬小麦起身期和孕穗期各灌1水共150mm(II-1),测得土壤含水量为207.9mm,计算出冬小麦总耗水量为479.2mm;冬小麦起身期和灌浆期各灌1水共150mm(I-2),测得土壤含水量为184.6mm,计算出冬小麦总耗水量为455.9mm;冬小麦拔节期和开花期各灌1水共150mm(I-3),测得土壤含水量为180.5mm,计算出冬小麦总耗水量为451.8mm;冬小麦拔节期和灌浆期各灌1水共150mm(II-4),测得土壤含水量为154.0mm,计算出冬小麦总耗水量为425.3mm;冬小麦起身期、孕穗期和灌浆期各灌1水共225mm(II-1),测得土壤含水量为150.0mm,计算出冬小麦总耗水量为496.3mm;冬小麦拔节期、开花期和灌浆期各灌1水共225mm(II-2),测得土壤含水量为154.6mm,计算出

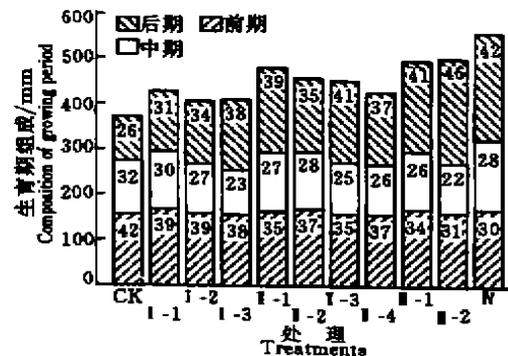


图1 冬小麦生育期各处理耗水量*

Fig. 1 Water consumption of wheat in different treatments

* 图中数值为冬小麦各生育阶段耗水所占百分比。

冬小麦总耗水量为 501.0mm；冬小麦起身、拔节、开花和灌浆期各灌 1 水共 300mm(IV)，测得土壤含水量为 135.8mm，计算出冬小麦总耗水量为 557.1mm。试验表明，冬小麦耗水量随灌水次数的增加而呈明显增加趋势，二者相关程度达极显著水平。相同灌水次数灌水时期较晚的处理耗水量较少。从水源组成看，随灌溉次数增加土壤贮水消耗量明显下降，表明一部分灌水补充了土壤贮水的消耗，因而减少了土壤贮水的消耗量。冬小麦各生育阶段耗水量见图 1，播种~拔节前期灌起身水比不灌起身水的处理耗水量略高，但差异较小；拔节~开花中期相同灌水次数的灌溉制度间表现出较大差异，灌水早比灌水晚的处理耗水量大；开花~成熟后期各灌水制度间耗水量差异进一步扩大，基本趋势为灌水次数越多耗水量越大，相反则越小。

2.2 灌溉制度对冬小麦产量结构、产量和水分利用效率的影响

不同灌水处理冬小麦产量结构、产量和水分利用效率见表 1。从产量结构看，对穗数的作用起身水>拔节水>孕穗水；对穗粒数的作用拔节水>孕穗水、开花水>起身水；对

表 1 不同处理冬小麦产量结构、产量与水分利用效率

Tab. 1 The yield and their components and water use efficiency in different treatments

Treatments	穗数/个·m ⁻² Ear num- ber	穗粒数/个 Grain num-1000 ber	千粒重/g 1000 Grain weight	产量/kg·hm ⁻² Yield	水分利用效率/kg·m ⁻³ Water use efficiency	较对照增加/% Increment				
						穗数/个·m ⁻² Ear num- ber	穗粒数/个 Grain num- ber	千粒重/g 1000 Grain weight	产量/kg·hm ⁻² Yield	水分利用效率/kg·m ⁻³ Water use efficiency
CK	627	25.2	34.1	5462	1.475	—	—	—	—	—
I-1	696	25.7	35.2	6290	1.472	11.0	2.0	3.2	15.2	-0.2
I-2	663	28.6	33.1	6308	1.553	5.7	13.5	-2.9	15.5	5.3
I-3	642	26.9	38.0	6585	1.616	2.4	6.7	11.4	20.6	9.6
I-1	702	26.2	37.5	6798	1.419	12.0	4.0	10.0	24.5	-3.8
I-2	700	25.1	37.2	6491	1.424	11.7	-0.4	9.1	18.8	-3.5
I-3	675	29.5	36.3	7191	1.592	7.7	17.1	6.5	31.7	7.9
I-4	675	28.6	34.2	6452	1.517	7.7	13.5	0.3	18.1	2.8
II-1	700	25.9	39.0	7064	1.423	11.7	2.8	14.4	29.3	-3.5
II-2	660	29.6	38.5	7673	1.532	5.3	17.5	12.9	40.5	3.8
N	697	26.3	37.1	6858	1.231	11.2	4.4	8.8	25.6	-16.5
CV/%	3.7	6.0	5.1	8.2	6.8	—	—	—	—	—

千粒重的作用开花水>孕穗水和灌浆水。从产量结果看，与对照相比，所有灌水处理均明显增产。1水、2水、3水和4水分别较对照增产 17.1%、23.3%、34.9%和 25.6%。1水以孕穗水最佳，2水以拔节水配开花水最佳；3水以拔节水、开花水和灌浆水的组合较好。从水分利用效率看，除 4 水处理外，各处理均较高。1水、2水和 3 水分别较对照增加 4.9%、0.9%和 0.2%，这表明产量结果对水分利用效率的影响要大于耗水量的影响。

2.3 冬小麦耗水组成与产量形成及水分利用效率的关系

从物质生产的角度分析，冬小麦产量形成过程以开花期为界，前后分为库器官形成期和产量物质积累期。冬小麦开花前后的耗水量与产量结构、产量及水分利用效率的关系

表 2 冬小麦耗水量与库容量、产量及水分利用效率的关系

Tab. 2 The relationships between the water consumption and the sink size, yield and water use efficiency

耗水量 Water consumption	穗数 Ear number	穗粒数 Grain number	库容量 Sink size	千粒重 1000 Grain weight	转运量 Transferred amount	产量 Yield	水分利用效率 Water use efficiency
开花前 Before flowering	0.765**	-0.565	-0.108	0.219	0.230	-0.048	-0.942**
开花后 After flowering	0.457	0.325	0.576	0.713*	-0.598	0.891**	-0.395
合计 Total	0.654*	0.047	0.421	0.653*	-0.565	0.731*	-0.671*

* 达 0.05 显著标准；** 达 0.01 显著标准。

(见表 2)表明,开花前耗水量与单位面积穗数呈正相关,与水分利用效率呈负相关;开花后耗水量与千粒重、产量呈正相关;全生育期耗水量与穗数、千粒重和产量呈正相关,与水分利用效率呈负相关。开花前形成的穗数和开花后形成的千粒重是限制产量的主要因素,而穗粒数的作用相对较小。因此水分管理应尽可能地保证穗数和千粒重的稳定与提高。

3 小结与讨论

试验采用的 11 种灌溉制度按灌水量分为 0mm、75mm、150mm、225mm 和 300mm 5 个等级。由实验结果推算,每增加 75mm(或 1 次)灌水,冬小麦耗水量将提高 45mm,而剩余的 30mm 则用于补充土壤贮水的消耗。因此,随灌水量或灌水次数的增加,土壤贮水的消耗量呈明显下降趋势;灌溉补水是确保冬小麦高产的重要措施。减少灌水次数、提高土壤贮水利用率将有利于拦蓄汛期降雨、减少地面径流,促进降雨转变为土壤水而提高降水利用率。以井灌为主的华北地区除充分利用地面水灌溉外,浅层地下水的开发应以多年平均开采量不超过多年平均补给量为原则^[2]。据吴桥实验站多年经验,平水年冬小麦翌年灌溉补水次数应以不超过 2 次、灌水量不超过 150mm 为宜;本研究灌溉制度均采用了前期控水的技术途径,加上播种期较晚不利于分蘖成穗,为此在栽培技术方面采用了增加基本苗、增施 P 肥等技术措施^[1,5]。在灌足底墒水条件下,拔节前的土壤水分亏缺有限,因此尽管起身水和拔节水对增加穗数有明显作用,但灌溉制度对单位面积穗数的影响最小;穗数确定后,库容量的大小由每穗粒数决定。1~3 水处理均以拔节水增加穗数的作用最明显,表明拔节期是决定穗粒数的关键时期,此期若不进行补水灌溉则土壤水分将明显亏缺,因此,拔节期灌水有利于形成较大的库容量,为冬小麦高产奠定基础。冬小麦开花后土壤含水量,特别是中、上层土壤含水量进一步下降,此时严重的土壤水分亏缺将引起光合器官发生一系列代谢和生理变化,导致气孔关闭、光合器官功能下降和植株早衰等^[3~4]。因此,开花期及孕穗期、灌浆期灌水能提高千粒重;灌溉制度是否合理或高效主要取决于灌水时期与土壤水分状况变化和产量形成规律的吻合程度。由于各地气候、土壤条件不同,可耗水资源多少各异,年际间降水量及其分布的差异,在选择或推广节水高产灌溉模式时应因地制宜酌情而论。

参 考 文 献

- 1 兰林旺,周殿玺主编. 小麦节水高产研究. 北京:北京农业大学出版社,1995. 135~142
- 2 刘昌明,王会肖. 节水农业内涵商榷. 节水农业应用基础研究进展. 北京:中国农业出版社,1995. 7~19
- 3 于沪宁. 作物水分胁迫机制及其在节水农业研究中的应用. 节水农业应用基础研究进展. 北京:中国农业出版社,1995. 89~99
- 4 于振文等. 高产低定额灌溉对冬小麦旗叶衰老的影响. 作物学报,1995,21:503~508
- 5 Rodriguez D. ,et al. Phosphorus nutrition and water stress tolerance in wheat plants. J. Plant Nutr. ,1996,19(1):29~39