

宁南山区冬小麦覆膜补灌试验研究

王龙昌,贾志宽

(西北农业大学,陕西杨陵 712100)

摘 要: 针对宁南山区干旱少雨,冬小麦生育期内水分供需矛盾突出的气候特点,研究了地膜覆盖与不同时期补充灌溉条件下冬小麦耗水规律、生长发育特征和产量变化。结果表明:当灌溉定额相同时,不同时期补充灌溉的灌溉水利用率和边际产量排列次序为:冬灌>孕穗灌>开花灌,三者的增产率分别为 17.4%~27.2%,11.2%~14.3%和 2.0%~6.7%;地膜覆盖可使冬小麦生育期缩短 4~8 d,越冬期冻死株率下降 3.91%~13.90%,产量增加 10.5%~25.3%,水分利用效率提高 0.80~2.40 kg/hm²·mm;地膜覆盖与补充灌溉相结合,对冬小麦的增产有叠加效应。

关键词: 地膜覆盖; 补充灌溉; 冬小麦; 宁南

中图分类号: S512.1⁺1,S275.3

文献标识码: A

宁南山区位于黄土高原西北端,降水稀少,气候干燥,一般年份降水量只有 300~500 mm,年蒸发量却高达 1 000~1 200 mm,干燥度为 1.5~3.0。研究表明,本区旱平地主要粮食作物的水分供应满足系数仅为 30%~70%^[1]。而冬小麦的生育期主要处在干旱少雨的冬季和春季,更易遭受水分胁迫,不利于安全越冬和正常的生长发育。大量研究结果表明,利用有限的地表和地下水资源,对旱地作物进行合理的补充灌溉,既可节约灌溉用水,又能提高灌溉水的利用效率,具有显著的节水、增产效果^[2,3]。甘肃农科院率先研究成功的小麦全生育期地膜覆盖穴播技术也具有明显的保墒和增产效果^[4,5]。本研究试图将地膜覆盖与补充灌溉相结合,旨在探讨宁南山区旱地冬小麦在地膜覆盖与不同时期补充灌溉条件下的耗水规律、生长发育特征和产量变化,为优化栽培技术,实现冬小麦高产稳产提供科学指导。

1 材料与方法

试验于 1997~1998 生产年度在西北农业大学国家宁南旱农试区进行。试验地选在清水河流域阶地,土壤类型为新积土,播前土壤蓄水量为 470.4 mm。冬小麦品种为宁冬 1 号,播量 202.5 kg/hm²。播种方式:露地为条播,覆膜区为穴播。播种前底施磷酸二铵 187.5 kg/hm²、尿素 300 kg/hm²。

试验采用裂区设计,主处理 2 个:露地(A₁)、覆膜(A₂);副处理 4 个:不灌溉(B₁)、冬灌(B₂)、孕穗灌(B₃)、开花灌(B₄)。小区面积 77 m²,3 次重复,灌水定额为 900 m³/hm²。

土壤水分测定采用土钻取土烘干称重法,测定深度 200 cm。叶片气孔扩散阻力和蒸腾速率的测定采用 LI-1600 型稳态气孔计,测定部位:抽穗期为倒二叶,灌浆期为旗叶。返青期在田间调查冻死株率。成熟期取样考种。

2 结果与分析

2.1 不同处理的冬小麦耗水量及其组成

收稿日期:1998-12-23 修回日期:1999-03-15

基金项目:国家“九五”旱农攻关项目“96-004-04-07”专题研究内容之一

补充灌溉以“开源”的形式增加了土壤水分蓄存量,可以缓解干旱季节的水分胁迫;而地膜覆盖则以“节流”的形式在土壤与大气之间设置一个隔离层,可以有效降低地表物理蒸发,使之化为植株的有效蒸腾。由表 1 看出,主处理露地区的平均耗水量为 328.1 mm,而覆膜区的平均耗水量为 336.4 mm,二者收获期 2 m 土层遗留水分分别为 360.6 mm 和 352.3 mm,即地膜覆盖使作物全生育期总耗水量增加了 8.3 mm,表明地膜覆盖在一定程度上提高了土壤水的利用率。副处理中,不同灌溉时期的冬小麦总耗水量存在明显差异,排序为:冬灌>孕穗灌>开花灌>不灌。在露地区,冬灌、孕穗灌、开花灌三处理的耗水量分别比不灌溉(CK₁)高 56.1 mm、43.1 mm 和 12.1 mm;在覆盖区,三处理的耗水量分别比 CK₂ 高 78.0 mm、55.7 mm 和 29.2 mm。可见,在灌溉定额相同的情况下,延迟灌溉时期不利于冬小麦利用土壤储水,收获期土壤中遗留的有效水分过多,造成水资源的浪费。因此,补充灌溉时期以越冬期最佳,孕穗期次之,开花期效果最差。

表 1 覆膜与不同时期灌溉对冬小麦耗水量及其组成的影响

Table 1 Effect of plastic mulch and irrigation in different period on water consumption of winter wheat and its constitution

处理 Treatment	总耗水量 Total water consumption (mm)	耗水量的组成 Constitution of water consumption						收获时 2m 土层遗留水 Remained water in 2m depth of soil at harvesting stage (mm)
		降水 Rainfall		土壤水 Soil water		灌溉水 Irrigated water		
		mm	%	mm	%	mm	%	
A ₁ B ₁ (CK ₁)	300.3	150.8	50.2	149.5	49.8	0.0	0.0	320.9
A ₁ B ₂	356.4	150.8	42.3	115.6	32.4	90.0	25.3	354.8
A ₁ B ₃	343.4	150.8	43.9	102.8	29.9	90.0	26.2	367.6
A ₁ B ₄	312.4	150.8	48.3	71.6	22.9	90.0	28.8	398.8
A ₂ B ₁ (CK ₂)	295.7	150.8	51.0	144.9	49.0	0.0	0.0	325.5
A ₂ B ₂	373.7	150.8	40.4	132.9	35.6	90.0	24.1	337.5
A ₂ B ₃	351.4	150.8	42.9	110.6	31.5	90.0	25.6	359.8
A ₂ B ₄	324.9	150.8	46.4	84.1	25.9	90.0	27.7	386.3

Note: 1. 主处理 Main treatment; A₁ 露地—No-mulch; A₂ 覆膜—Plastic mulch. 2. 副处理 Sub-treatment; B₁ 不灌—No-irrigation; B₂ 冬灌—Irrigated in winter; B₃ 孕穗灌—Irrigated at spike formation stage; B₄ 开花灌—Irrigated at blooming stage

2.2 覆膜与补充灌溉对冬小麦生长发育的影响

地膜覆盖与补充灌溉对冬小麦生长发育均有显著影响。地膜覆盖的作用主要表现在:提高地温,利于幼苗安全越冬和产生有效分蘖;加强光合作用,利于植株健壮发育;加速生长发育进程,促进小麦提早成熟。由表 2 可知,覆膜区与露地区相比,生育期缩短 4~8 d,冬季冻死株率降低 3.91~13.90 个百分点,单株有效分蘖数增加 2.3~3.9 个,植株高度增加 15.3~18.5 cm。在副处理中,不同时期补充灌溉对小麦生长发育的影响有所不同,其中冬灌作用强度最大,它不仅有利于小麦安全越冬(冻死株率降低 2.17~12.16 个百分点),而且对株高和单株有效分蘖的促进作用也尤为明显;孕穗期补充灌溉也对植株的健壮生长有较好效果;开花期已进入生殖生长阶段,小麦需水量开始下降,供水过多反而造成贪青晚熟,生育期比不灌溉对照增加 3~7 d。田间测定结果还表明,补充灌溉后的小麦、叶片扩散阻力大大低于不灌溉对照区,叶片蒸腾速率则显著高于对照区。通常情况下,叶片蒸腾速率与光合速率呈正相关关系^[6]。

表 2 覆膜与不同时期灌溉对冬小麦生长发育的影响

Table 2 Effect of plastic mulch and irrigation in different period on the growth of winter wheat

处理 Treatment	生育期 Growth period duration (d)	株高 Plant height (cm)	冻死株率 Winter killing rate (%)	单株有效 分蘖数 Effective tillers per plant	气孔扩散阻力(s/cm) Stomatal diffusion resistance		叶片蒸腾速率(μg/cm ² ·s) Transpiration rate	
					抽穗期 Heading stage	灌浆期 Filling stage	抽穗期 Heading stage	灌浆期 Filling stage
A ₁ B ₁ (CK ₁)	284	85.5	16.89	2.6	1.844	4.324	6.561	4.832
A ₁ B ₂	285	90.8	4.73	3.0	1.664	2.330	7.077	8.050
A ₁ B ₃	286	87.8	16.89	3.8	1.110	2.432	9.957	7.799
A ₁ B ₄	291	88.2	16.89	2.8	1.856	2.770	6.647	7.726
A ₂ B ₁ (CK ₂)	280	101.0	2.99	5.1	1.718	3.848	6.858	4.892
A ₂ B ₂	280	108.4	0.82	6.9	1.070	3.372	11.497	6.049
A ₂ B ₃	281	106.3	2.99	6.1	1.164	2.742	10.173	6.880
A ₂ B ₄	283	103.5	2.99	5.6	1.854	3.134	6.351	6.002

2.3 覆膜与补充灌溉的增产效应

由表 3 知,地膜覆盖可使冬小麦每公顷穗数增加 21~72 万穗,穗粒数增加 1.2~1.7 个,千粒重增加 1.2~2.7 g,籽粒产量增加 420~1 108 kg/hm²,增产率达 10.5%~25.3%。补充灌溉也使小麦产量和产量构成因素出现不同程度变化,其中冬灌既有利于幼苗越冬和分蘖,同时也可促进幼穗分化和后期灌浆,因而每公顷穗数、穗粒数和千粒重均有明显增加;孕穗期灌溉对穗部形成有利,可减少不孕小穗数,促进灌浆,穗粒数和千粒重比不灌溉对照有明显增加;开花期灌溉只对灌浆发挥作用,使千粒重增大。不同时期补充灌溉的增产效果排序为:冬灌>孕穗灌>开花灌。增产率分别为 17.4%~27.2%, 11.2%~14.3%和 2.0%~6.7%。

表 3 覆膜与灌溉对冬小麦产量及产量构成因素的影响

Table 3 Effect of plastic mulch and irrigation on yield and yield components of winter wheat

处理 Treatment	公顷穗数 Ear number (10 ⁴ ears/hm ²)	穗粒数 Kernels per ear	千粒重 TKW (g)	生物学产量 Biological yield (kg/hm ²)	籽粒产量 Grain yield (kg/hm ²)	增产率 Yield increase rate (%)
A ₁ B ₁ (CK ₁)	546	22.3	32.1	9320	3736	—
A ₁ B ₂	612	24.0	33.5	10860	4385	17.4
A ₁ B ₃	602	23.4	34.5	11390	4269	14.3
A ₁ B ₄	539	22.8	33.2	9930	3986	6.7
A ₂ B ₁ (CK ₂)	618	24.0	34.7	12370	4319	—
A ₂ B ₂	641	25.5	35.2	15130	5493	27.2
A ₂ B ₃	623	24.6	35.7	13000	4803	11.2
A ₂ B ₄	606	24.2	35.9	14050	4406	2.0

从试验结果还可看出,地膜覆盖与补充灌溉对冬小麦增产有迭加效应,即 2 种措施的组合效益高于单一措施的效益。在露地栽培条件下,冬灌、孕穗灌、开花灌的产量分别比 CK₁ 增产 649 kg/hm²、533 kg/hm² 和 250 kg/hm²;而在地膜覆盖条件下,冬灌、孕穗灌、开花灌的产量则分别比 CK₁ 增产 1 757 kg/hm²、1 067 kg/hm² 和 670 kg/hm²。

2.4 不同处理的水分利用效率和灌溉水利用状况

对不同处理的冬小麦水分利用效率和灌溉水利用状况分析结果表明(表 4),覆膜区水分利用效率较露地区提高 0.80~2.40 kg/hm²·mm,平均提高 1.65 kg/hm²·mm。不同时期补充灌溉对灌溉水的利用状况以冬灌效果最好,利用量达 56.1~78.0 mm,利用率达 62.3%~86.7%,边际产量达 7.21~13.04 kg/hm²·mm;孕穗灌效果次之,其利用量为 43.0~55.7 mm,利用率 47.9%~61.9%,边际产量 5.38~5.92 kg/hm²·mm;开花灌效果最差,其灌溉水利用量只有 29.2~32.1 mm,利用率 32.4%~35.7%,边际产量仅 0.97~2.78 kg/hm²·mm。可见,地膜覆盖和适时早灌有利于冬小麦经济用水、高效用水,可提高旱区有限水分利用效率。

表 4 不同处理的水分利用效率和灌溉水利用状况比较

Table 4 Comparison of WUE and status of irrigation water utilization in different treatments

处理 Treatment	耗水量 Water consumption amount (mm)	水分利用效率 WUE (kg/hm ² ·mm)	灌溉水利用量 Utilization amount of irrigation water (mm)	灌溉水利用率 Utilization ratio of irrigation water (%)	边际产量 Marginal yield (kg/hm ² ·mm)
A ₁ B ₁ (CK ₁)	300.3	12.44	—	—	—
A ₁ B ₂	356.4	12.30	56.1	62.3	7.21
A ₁ B ₃	343.4	12.43	43.1	47.9	5.92
A ₁ B ₄	312.4	12.76	32.1	35.7	2.78
A ₂ B ₁ (CK ₂)	295.7	14.61	—	—	—
A ₂ B ₂	373.7	14.70	78.0	86.7	13.04
A ₂ B ₃	351.4	13.67	55.7	61.9	5.38
A ₂ B ₄	324.9	13.56	29.2	32.4	0.97

注:1. 灌溉水利用量(mm)=灌溉区耗水量-非灌溉区耗水量;2. 灌溉水利用率(%)=灌溉水利用量/灌溉定额×100%;3. 边际产量(kg/hm²·mm)=(灌溉区产量-非灌溉区产量)/灌溉定额

Note: 1. Utilization amount of irrigation water(mm)=Water consumption amount in irrigated plot-water consumption amount in non-irrigated plot; 2. Utilization ratio of irrigation water(%)=Utilization amount of irrigation water/Irrigation amount×100%; 3. Marginal yield(kg/hm²·mm)=(Yield in irrigated plot-Yield in non-irrigated plot)/Irrigation amount

3 结论与讨论

3.1 补充灌溉可有效增加土壤水分蓄存量,抵御干旱胁迫。不同时期补充灌溉对冬小麦的作用效果各

不相同。当灌溉定额相同时,灌溉水的利用率和边际产量随着灌溉时间的推迟而迅速下降,即:冬灌>孕穗灌>开花灌,三者的增产率分别为17.4%~27.2%,11.2%~14.3%和2.0%~6.7%。按照冬小麦生长发育规律,孕穗期为需水临界期^[7],然而本研究中却以冬灌的灌溉水利用率最高,与需水临界期不相吻合。其原因在于宁南山区冬季正值旱季,土壤墒情差,冬灌不仅可满足小麦安全越冬和分蘖对水分需求,而且冬灌后土壤很快冻结,水分可保存于土壤中供来年春季吸收利用,非生产性消耗少。开花期以后的灌水则很少被作物利用,灌溉效益低下。

3.2 本研究结果表明,地膜覆盖可使冬小麦生育期缩短4~8 d,越冬期冻死株率下降3.91~13.90个百分点,产量增加10.5%~25.3%,水分利用效率提高0.80~2.40 kg/hm²·mm。

3.3 地膜覆盖与补充灌溉对冬小麦的增产有迭加效应。针对宁南山区干旱少雨和灌溉水贫乏的水资源状况,借助补充灌溉的“开源”和地膜覆盖的“节流”措施,可有效调控旱地土壤水分,缓解冬小麦生育期内的水分供需矛盾。地膜覆盖与补充灌溉结合使用,可以起到相互促进、相得益彰的作用。

[参 考 文 献]

- [1] 陶士珩,胡希远,王俊鹏. 宁南山区水平梯田的水分供应订正函数. 干旱地区农业研究,1995,13(4):33~39.
- [2] 赵聚宝,徐祝龄. 中国北方旱地农田水分开发利用. 北京:中国农业出版社,1996. 209~219.
- [3] 高世铭,朱润身. 旱地有限补充供水与覆盖保水技术研究. 见:陈万金,信乃谏主编. 中国北方旱地农业综合发展与对策. 北京:中国农业科技出版社,1994. 225~230.
- [4] 李守谦. 在我国北方麦区扩大地膜小麦栽培技术的必要性及对策建议. 甘肃农业科技,1996,(8):4~6.
- [5] 樊廷录,王 勇,崔明九. 旱地地膜小麦研究成效和加快发展的必要性及建议. 干旱地区农业研究,1997,15(1):27~32.
- [6] 康绍忠,张建华,梁宗锁,等. 控制性交替灌溉——一种新的农田节水调控思路. 干旱地区农业研究,1997,15(1):1~6.
- [7] 潘瑞炽,董恩得编. 植物生理学(上册). 北京:高等教育出版社,1984:27~30.

Effect of Plastic Mulch and Supplementary Irrigation on Winter Wheat in Southern Ningxia

WANG Long-chang, JIA Zhi-kuan

(Northwestern Agricultural University, Yangling Shaanxi 712100)

Abstract: In accordance with the climate condition that rainfall is very limited and there is a remarkable contradiction between water requirement and supply during the growing period of winter wheat in Southern Ningxia, an experiment has been conducted to discover its water use patterns, growing characteristics and yield variations under the condition of plastic mulching and supplementary irrigation during different growth stages. The results indicated that when irrigation amount is fixed, water utilization ratio and marginal yield of supplementary irrigation during different growth stages can be put in order as: wintering irrigation > spike-forming irrigation > florescence irrigation, with the yield increase ratio of 17.4%~27.2%, 11.2%~14.3% and 2.0%~6.7% respectively. By using plastic mulch, the growth duration period of wheat can be shortened by 4 d~8 d, while winter killing ratio being lowered by 3.91%~13.90%, yield being increased by 10.5%~25.3%, and water use efficiency being raised by 0.80 kg/hm²·mm~2.40 kg/hm²·mm. By combining the two measurements of mulch and irrigation, an additive effect may appear to the yield increase of winter wheat.

Key words: Plastic mulch; Supplementary irrigation; Winter wheat; Southern Ningxia