

有限供水条件下谷子和春小麦的耗水特性

张岁岐 山 仑

(中国科学院 水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
(水利部)

摘 要 就有限供水条件下谷子、春小麦的耗水特性进行了分析,结果表明:有限供水明显提高了谷子、春小麦的产量,少量水增产的原因不仅在于灌水本身,还在于灌水促进了作物特别是根系的向下生长,从而增加了作物对土壤深层储水的利用程度,有限水分起到了“以水调水”的作用,拔节期供水的作用特别明显。拔节期是谷子、春小麦有限供水的最佳时期。

关键词 有限供水 谷子 春小麦 耗水

Water Use Characteristic of Millet and Spring Wheat Under Limited Water Supply

Zhang Suiqi Shan Lun

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Abstract Water use characteristic of millet and spring wheat was studied under limited water supply. Result showed that limited water supply increased obviously yield and WUE of millet and spring wheat. The major reason was not only small water itself, but also use extent increase of soil water reservoir because limited water supply accelerate crop growth, especially root growth. Limited water supply play the role of regulating and using soil water reservoir. Jointing stage was the best stage of limited water supply.

Key words limited water supply millet spring wheat water use

节水农业的目的就是在灌溉农业中节约大量灌溉用水的同时实现作物高产,在旱地农业中增加少量供水的同时以达到显著增产^[1]。黄土高原大部分属于干旱半干旱地区,干旱缺水是农业生产的主要限制因子,但在有些地区通过径流蓄水发展径流农业和补充灌溉则是可行的^[1]。谷子、春小麦是我国黄土高原地区广泛种植的作物,生长期间常常受到干旱的威胁,因此,有限水分的高效合理使用无疑具有重要的现实意义。有限灌溉方面的研究国内外近年来的报导很多^[3~7],而有限供水条件下作物耗水方面的报导却并不多见。本文对此进行了探讨。

1 材料和方法

试验选用春小麦品种“宁春三号”和谷子品种“辐谷三号”为材料在杨陵水土保持研究所大型活动防雨棚内进行, 其中春小麦进行了两年试验, 谷子进行了一年试验。棚内小区面积 $3.2\text{ m} \times 2.2\text{ m}$, 中间以厚 $40\sim 60\text{ cm}$ 、深 2.0 m 的水泥墙隔开, 以防侧渗。播前春小麦匀施尿素 112.5 kg/hm^2 、重过磷酸钙 60 kg/hm^2 , 谷子匀施尿素 187.5 kg/hm^2 、重过磷酸钙 60 kg/hm^2 。小区土壤为重壤土, 2.0 m 层内土壤容重平均值为 1.38 g/cm^3 , 田间持水量 26.01% , 凋萎湿度 10.2% 。

试验按不同灌水量和灌水时期设 8 个处理, 分别在拔节前、孕穗初和灌浆初期灌水, 随机区组排列, 3 次重复, 其中处理 1 为干旱对照。由于播前表土水分不足, 为保证全苗, 于苗期各小区统一灌水, 春小麦 15 mm 、谷子 22.5 mm , 试验处理见表 1。

前期供水采用微喷方式, 后期地面灌溉, 每次按处理水量灌溉, 水表记录。活动防雨棚在降雨时遮盖, 晴天移开, 每个小区 $1/3$ 面积用来计产。播前、收获后和每次灌水前在各小区中间打钻测定土壤水分, 深度 2.0 m , $0\sim 1.0\text{ m}$ 每 10 cm 取一个样, $1.0\sim 2.0\text{ m}$ 每 20 cm 取一个样, 室内用烘干法测定。计产考种同一般田间试验。

表 1 春小麦、谷子不同处理灌水时期及灌水量 mm

灌水时期	处理及灌水量							
	1(CK)	2	3	4	5	6	7	8
苗期	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)	15(22.5)
拔节期	0(0)	30(30)	0(60)	30(90)	30(0)	30(60)	30(60)	60(90)
孕穗期	0(0)	0(0)	30(0)	30(0)	60(60)	30(60)	60(60)	60(90)
灌浆期	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	30(0)	30(30)	30(45)
合计	15(22.5)	45(52.5)	45(82.5)	75(112.5)	105(82.5)	105(142.5)	135(172.5)	165(247.5)

注: 括号内为谷子各处理的灌水量。

2 结果分析

2.1 有限供水条件下作物的土壤耗水深度

作物的耗水通常有两个方面的来源: 一是生长期间的灌水和降水, 二是土壤储水, 两种水源可相互补充, 调剂余缺。其中土壤储水分布在土壤的不同深度, 依靠深层发育的根系为作物所吸收。表 2 给出了有限供水条件下春小麦各处理不同时期的土壤耗水深度(谷子有与此相似的趋势)。可以看出: 有限供水的不同供水水平明显影响了春小麦对土壤储水的消耗深度。拔节(4 月 18 日)以前, 由于作物群体较小, 地面大部分裸露, 土壤耗水主要以土表蒸发为主, 故耗水深度都较小。拔节期增加供水以后, 各处理在孕穗期(5 月 11 日)的土壤耗水深度表现出明显差异, 干旱对照的土壤耗水深度达 90 cm , 而供水处理则较浅, 且供水量越大, 土壤耗水深度越浅。孕穗期二次供水后, 开花末期(5 月 30)各处理土壤耗水深度的差异更加明显, 干旱对照, 此期土壤耗水深度没有变化, 只进一步增加了对该土层内水分的利用; 处理 2 前期供水, 产生了较大的作物群体, 此期不供水情况下, 为满足作物对水分的要求, 根系下扎, 故土壤耗水深度达到 140 cm ; 处理 3 此期供水后, 土壤耗水深度较对照稍有增加; 处理 4 由于此期供水, 耗水深度较处理 2 小, 但由于前期供水的作用, 其耗水深度大于对照。灌浆以后, 6、7、8 三处理各供水 30 mm , 此期末供水的处理中, 以处理 5 的土壤耗水深度增加最为明显, 表明中期供水对作物根系生长的促进作用影响了

作物后期的耗水特性。由于作物用水层深度在很多程度上取决于根系分布, 因此, 可以认为有限供水明显促进了春小麦的根系生长, 并进而影响了春小麦对土壤储水的消耗深度。

2.2 耗水量及其组成

耗水深度的增加是否一定增加了耗水量, 本试验亦对此进行了研究。由于本试验在人工控制条件下进行, 很少有降雨, 因此, 作物耗水主要由灌水和土壤储水组成。表 3 是春小麦、谷子不同阶段土壤耗水量、总耗水量测定结果。拔节期供水后, 受供水水平的影响, 各处理土壤耗水量、总耗水量即表现出明显差异, 干旱对照的耗水量明显小于各供水处理, 作物生长主要依靠土壤储水, 春小麦 2、8 两处理总耗水量无明显差异, 但前者的土壤耗水明显大于后者。

表 2 春小麦各处理不同日期耗水深度								cm
日期	1	2	3	4	5	6	7	8
4 月 18 日	30	30	30	30	30	30	30	30
5 月 11 日	90	60	90	60	60	60	60	40
5 月 30 日	90	140	100	100	60	100	60	100
收获期	120	140	120	100	120	100	120	120

孕穗期谷子 1~4 处理皆未灌水, 谷子生长主要依靠土壤储水, 但处理 2、3 由于拔节期供水, 其土壤耗水量明显大于干旱对照; 春小麦 5、8 两处理此期供水量相同, 但由于前期供水的不同亦造成土壤耗水量的差异。这说明拔节期供水由于对作物生长特别是对根系生长的促进, 明显增加了对土壤深层水分的利用。

灌浆成熟期, 谷子各不供水处理中, 以处理 2 和 5 耗水量为最大, 是干旱对照的 3.76 倍, 表明前期供水对后期耗水也有显著影响。

表 3 春小麦、谷子不同阶段各处理耗水结果								mm
生育阶段	1	2	3	4	5	6	7	8
苗期	土壤耗水	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
		(52.45)	(52.45)	(52.45)	(52.45)	(52.45)	(52.45)	(52.45)
	总耗水	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16
		(74.95)	(74.95)	(74.95)	(74.95)	(74.95)	(74.95)	(74.95)
拔节期	土壤耗水	26.96	25.56	23.39	25.56	25.56	25.56	1.82
		(3.06)	(40.0)	(16.2)	(23.0)	(30.6)	(16.2)	(23.0)
	总耗水	26.96	55.56	23.39	55.56	55.56	55.56	61.82
		(3.06)	(70.0)	(76.2)	(113.0)	(30.6)	(76.2)	(113.0)
孕穗期	土壤耗水	12.45	16.96	8.74	14.24	- 5.89	14.24	- 5.89
		(42.9)	(60.4)	(78.6)	(45.4)	(12.2)	(21.2)	(21.2)
	总耗水	16.61	20.72	42.5	48.0	57.87	48.0	57.87
		(42.9)	(60.4)	(78.6)	(45.4)	(72.2)	(81.2)	(81.2)
抽穗成熟期	土壤耗水	12.92	27.28	17.93	12.77	17.84	21.79	26.09
		(11.7)	(44.1)	(30.2)	(38.2)	(44.1)	(38.1)	(45.7)
	总耗水	12.92	27.28	17.93	12.77	17.84	51.79	56.09
		(11.7)	(44.1)	(30.2)	(38.2)	(44.1)	(38.1)	(75.7)
播种~收获	土壤耗水	52.49	69.96	50.22	52.73	37.67	61.75	45.73
		(137.7)	(197.1)	(177.4)	(159.0)	(139.3)	(128.0)	(135.5)
	总耗水	71.25	118.72	98.99	131.5	146.44	170.51	184.69
		(160.2)	(249.5)	(259.9)	(271.5)	(221.8)	(270.5)	(308.0)
	土/总(%)	73.7	58.9	50.7	40.1	25.7	36.2	26.2
		(85.9)	(78.9)	(68.3)	(58.6)	(62.8)	(47.3)	(44.0)

注: 括号内数字为谷子结果。土/总为土壤耗水量占总耗水量的%。

供水水平的不同,造成各处理不同阶段土壤耗水量、总耗水量的差异,从而使全生育期差异更加显著。干旱对照,耗水主要以土壤耗水为主,而仅在拔节期供水的处理,其土壤耗水量明显高于干旱对照及各灌水处理。对全生育期土壤耗水量占总耗水量的百分数进行计算的结果表明:在有限供水条件下,总耗水量随灌水量的增加呈直线增加,土壤耗水量占总耗水量百分数随灌水量的增加呈指数下降。这说明:拔节期供水增产的原因不仅仅在于灌水量本身,还在于灌水促进了作物根系的向下生长而增加了作物对深层土壤水分的利用,即拔节期灌水起到了‘以灌水调节利用土壤水’的作用。

2.3 阶段耗水量与产量之间关系

对春小麦、谷子苗期 (x_1)、拔节期 (x_2)、孕穗期 (x_3)、和灌浆成熟期 (x_4) 各生育期的耗水量与产量 (Y ,表 4) 之间的关系进行了回归分析,结果如下:

春小麦 $Y = 3\,502.13 - 190.92x_1 + 24.90x_2 + 9.47x_3 + 15.98x_4$

谷子 $Y = 1\,025.85 + 13.80x_2 + 4.20x_3 + 2.85x_4$

综合检验达到显著水平(其置信概率达到 98%),其标准回归系数分别为:

春小麦 $b_1 = -0.3448^*, b_2 = 0.4133^*, b_3 = 0.255^*, b_4 = 0.3992^*$

谷子 $b_2 = 0.6992^*, b_3 = 0.2095^*, b_4 = 0.1090$

说明不同生育期耗水对产量的影响不同,其中以拔节期耗水对产量的影响为最大。

表 4 不同处理产量结果 kg · hm⁻²

处理	1	2	3	4	5	6	7	8
春小麦	891.4	1310.3	1025.9	1347.7	1515.0	1638.8	1802.7	2074.4
谷子	1477.1	2152.5	2738.3	2771.6	1747.5	2945.4	2948.3	3066.9

3 结论与讨论

试验结果表明:有限供水条件下,春小麦、谷子土壤耗水占总耗水百分数随灌水量呈指数下降,土壤耗水量及耗水深度皆以拔节期灌水的处理为最高,也高于不灌水处理,说明限量供水条件下,少量水分的合理使用可显著调节作物对土壤水分的利用,起到‘以水调水’的作用。黄土高原土层深厚、质地疏松、通气性强,既具有强大的储水容量,也具有根系向深层伸展的条件^[3],这就赋予作物以强大的吸水能力,成为节水灌溉中重要的水分来源。因此,有限灌溉条件下应充分重视土壤水分的作用。

一般认为禾谷类作物的孕穗期是对缺水最敏感的时期^[8],此期供水对产量的作用最大,而本试验结果则证明:拔节期耗水(供水)对产量的影响最大,这与前人的结论并不一致。由于前人的试验是在充分供水条件下进行的,而本试验中的供水量仅能部分满足作物生长需要,因此,在这种情况下,需水临界期和供水最佳期之间可能存在错位现象,但这一结论的普遍意义如何?尚需作进一步研究。

在采用一定灌溉定额的基础上,是减少灌水次数,加深入渗深度好;还是增加灌水次数,相应的水分聚集在上层为好,还是一个未能明确的问题。Passioura (1988) 认为干旱后复水,根系吸水能力在短期内难以很快恢复,在高蒸发地区,少量多次灌溉并不可取^[9]。本试验中由于总灌水量少,产量随灌水次数而增加,水分利用效率(WUE)则下降,土壤耗水与灌水次数间并无明显相

关,而拔节期供一次水对土壤储水的利用程度最大。因此,综合来看,在灌好拔节期关键水的前提下,应以适当减少灌水次数为宜。

参考文献

1 山仑,徐萌. 节水农业及其生理生态基础. 应用生态学报, 1991, 2(1): 70 ~ 76

2 山仑. 提高半干旱地区农田生产力的现实途径及未来策略. 中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊, 1991, 8 集, 1 ~ 9

3 李玉山. 渭北塬区农田水分供需特征和低定额灌溉研究. 中国农业科学, 1985(4): 42 ~ 48

4 段玉田. 限水灌溉对冬小麦产量和水分利用效率的影响. 山西农业科学, 1994(2): 16 ~ 19

5 黄久常. 补充供水对干旱地区小麦产量和水分利用效率的影响. 干旱地区农业研究, 1990(4): 105 ~ 109

6 Undersander D. J., Management of sorghum under limited irrigation, Agron. J. 1986, 78: 28 ~ 32

7 Gajri, P. R., Effect of small irrigation amounts on the yield of wheat, Agric. Water Management, 1983, 6 (1): 31 ~ 41

8 Kirkham M. B., and Kanemasu E. T., Wheat, In: Crop Water Relation (Ed by Teare I. D. and Peet M. M.), New York: John Wiley and Sons, 1983, 481 ~ 520

9 Passioura J. P., Water transport in and to roots, Ann. Rev. Plant Physiol., 1988, 39: 245 ~ 265

(上接第 75 页)

(4) 滴灌显著提高了玉米的水分利用效率,而且较畦灌在低灌溉量下更稳定。例如膜下滴灌 $400\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 与畦灌 $900\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 比较,膜下滴灌产量增加 18.9%,耗水量减少 11.7%,水分利用效率提高了 32.5%,水分反映系数降低 200%;露地滴灌 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 与畦灌 $900\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 比较,露地滴产量增加 16.7%,耗水量减少 6.9%,水分利用效率提高 25.3%,水分反映系数降低 130%左右。

参考文献

1 吴志峰等. 水资源危机与节水农业. 热带亚热带土壤科学, 1997(6): 51 ~ 56

2 D. 戈德堡等. 滴灌原理与应用. 中国农业机械出版社, 1994, 156 ~ 160

3 李玉山等. 渭北旱塬作物水分产量潜力与水—肥—产量关系. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究, 科学出版社. 1991, 115 ~ 125

4 腾流慧等. 我国节水灌溉技术的现状及发展前景. 水利水电技术, 1997(3): 52 ~ 55

5 郭天财. 发展节水灌溉和旱地农业存在的问题及对策. 作物杂志, 1997(1): 26 ~ 27