

波涌灌土壤的粒度组成研究

汪志荣 惠爱璠

(西安水资源研究所 陕西西安 710048)

摘 要 本文通过对宝鸡峡灌区波涌灌和连续灌前后大量土壤取样的粒度组成分析认为,灌水对农田土壤粒度组成的时空分布的影响是长期效应。波流灌灌水技术参数,除入沟、畦流量外,放、停水时间及循环率对土壤的粒度组成没有明显的影响。灌水过程中入渗携带的极少细颗粒并不是波涌灌表层土壤导水率降低的原因。

关键词 波涌灌 粒度组成 连续灌

A Study on the Soil Mechanical Composition under Surge Flow Irrigation

Wang Zhirong Hui Ainao

(Xian Institute of Water Resources Xian Shanxi 710048)

Abstract More than 200 soil samples under surge flow and continuous flow irrigation in Baoji Gauge were analyzed. The space-time distribution of soil mechanical composition in agri-field was affected by irrigation over a long period time. The results show that in the case of surge irrigation, the irrigation parameters-on-time, off-time and cycle rate-had no obvious effect on the soil mechanical composition except the water flux mentioned above. As the change of the soil mechanical composition was very limited, this change cannot be the reason of the water saving natural of surge irrigation.

Key words surge irrigation continuous flow soil mechanical composition

随着波涌灌逐渐为人们所认识,波涌灌节水机理引起了人们的重视。许多人认为,波涌灌节水机理是由于地表存在一个“洗入层”,也就是说,波涌灌过程中,地表的细小颗粒随入渗水流被洗入土壤中,从而减小地表孔隙来达到减渗的效果。因此,地表土壤结构就成了需要研究的对象。

近年来,我们针对节水型地面灌水方式——波涌灌对宝鸡峡灌区黄土的粒度组成进行了大量的分析,为进一步研究波涌灌提供了理论依据。这些粒度分析资料使我们有可能对波涌灌条件下的黄土的粒度组成特征、粒度组分在时间上和空间上的变化、波涌灌节水机理以及土壤的时空运移特征进行讨论。

1 试验土壤及方法

试验土壤取自陕西宝鸡峡灌区,分别为冬小麦的冬灌(畦)和春灌(畦)的前后,以及玉米、甘薯

的夏灌(沟)前后的土壤。采用波涌灌和连续灌两种灌水方式。

试验采用水洗筛分和吸管法,分散剂采用浓度为2%的偏磷酸钠(NaPO_3)。

2 结果分析

在所有分析的样品中,未发现 $>0.25\text{mm}$ 的颗粒,粒径为 $0.25\sim 0.1\text{mm}$ 的粒级含量也很少,一般为 $0.1\%\sim 1\%$,只有极个别土样在 $2\%\sim 4\%$ 之间。

$0.1\sim 0.05\text{mm}$ 粒级的含量多数样品在 $1\%\sim 5\%$ 之间。

$0.05\sim 0.01\text{mm}$ 的粒级含量对宝鸡峡灌区黄土是至关重要的,由图及表都可发现,各样品的该粒级含量都大于 40% ,多数样品在 $42\%\sim 65\%$ 之间,是该地区黄土中含量最高的粒级,最高可达 70% 。在宝鸡峡灌区, $0.01\sim 0.005\text{mm}$ 的粒级含量仅次于 $0.05\sim 0.01\text{mm}$ 粒级的含量,一般都在 $15\%\sim 25\%$ 之间,个别样品高达 33% 。

$<0.005\text{mm}$ 的粉粒含量在一定程度上决定着黄土的物理力学性质,特别是决定着黄土的物理特性,如天然含水量,孔隙大小等,这一粒级含量在 $5\%\sim 25\%$ 之间变化。

$<0.002\text{mm}$ 的颗粒属粘粒和胶体粒级范畴,这一粒级的含量在 $2\%\sim 10\%$ 之间。

$<0.001\text{mm}$ 的颗粒含量在该区域较少,一般为 $1\%\sim 5\%$ 。

2.1 实行传统连续灌黄土的粒度组成特征

分析200多组取土资料表明,实行传统连续灌的灌区,粒度组成在灌前灌后以及沿畦长方向和纵深方向都有一定的特点。

2.1.1 沿畦长方向的特点 在地表 $0\sim 2.5\text{cm}$, $0.002\sim 0.001\text{mm}$ 和 $<0.001\text{mm}$ 的组分变化不大,都在 $0.3\%\sim 5\%$ 之间, $0.25\sim 0.1\text{mm}$ 的含量小于 2% ,大部分在 $0\sim 1\%$ 之间。由于一般连续灌流量大,畦口一定距离内有相当程度的冲刷,这一点从粒度组成中也可以体现出来,我们发现,在距畦口 5m 处取样分析,此处的粒度主要由 $0.05\sim 0.002\text{mm}$ 颗粒组成,其中 $0.05\sim 0.01\text{mm}$ 的颗粒占 $55\%\sim 65\%$,都大于相应的其它位置(距畦口 $>20\text{m}$)的该粒级含量($37\%\sim 55\%$)的 $10\%\sim 18\%$; $0.01\sim 0.005\text{mm}$ 的颗粒占 $15\%\sim 31\%$,都小于相应的其它位置的该粒级含量($18\%\sim 40\%$)的 $3\%\sim 10\%$,而 $0.005\sim 0.002\text{mm}$ 的颗粒占 $2.5\%\sim 17\%$,与其它位置相比略有减少,同一畦内,沿畦长方向各点的该粒级含量的最大和最小值相差 $<6\%$,这说明由于入畦流量引起畦口局部冲刷,损失的主要是 $0.01\sim 0.005\text{mm}$ 颗粒,而 $<0.005\text{mm}$ 的颗粒可能是由于胶结力较大而损失较少,见图1。

在地表 2.5cm 以下($2.5\sim 5\text{cm}$),畦长方向各取样点的粒度组成变化很少,都小于 10% 。

2.1.2 沿纵深方向粒度组成特点 分析 $0\sim 20\text{cm}$ 的各层土样,发现 5cm 以下各层土壤粒度组成在灌前、灌后不发生明显变化(附表)。分析 $0\sim 2.5\text{cm}$ (表土)及 $2.5\sim 5\text{cm}$ (次表土)深度的土样,发现 $0.25\sim 0.1\text{mm}$ 、 $0.1\sim 0.05\text{mm}$ 、 $0.05\sim 0.01\text{mm}$ 的颗粒在畦长方向各点沿纵深方向的土样间基本是一致的,各自的相对误差 $<5\%$;表土和次表土的颗粒组成主要区别在于:表土的 $0.01\sim 0.005\text{mm}$ 粒级($18\%\sim 35\%$)略大于次表土的该粒级($11\%\sim 32\%$) $3\%\sim 7\%$,而 $0.005\sim 0.002\text{mm}$ 颗粒($2\%\sim 10\%$)则略小于次表土($6\%\sim 15\%$)约 $3\%\sim 8\%$, $0.002\sim 0.001\text{mm}$ 及 $<0.001\text{mm}$ 的颗粒二者相近($0.5\sim 5\%$)(见表1)。

2.1.3 连续灌前和灌后土壤粒度组成的变化 根据连续灌前和灌后的取样分析表明,冬灌(即畦田耕后第一次灌水)和夏灌(玉米或甘薯开沟后的第一次灌水)的土壤,在灌前、灌后的土壤粒度组成变化比春灌(畦田的第二次灌水)要明显(图2)。这是由于耕后的土壤疏松,土壤的粒度组成是耕层内的平均值,灌水后由于水的物理作用,使得土壤块、团解体分散,在这个过程中,必然要对

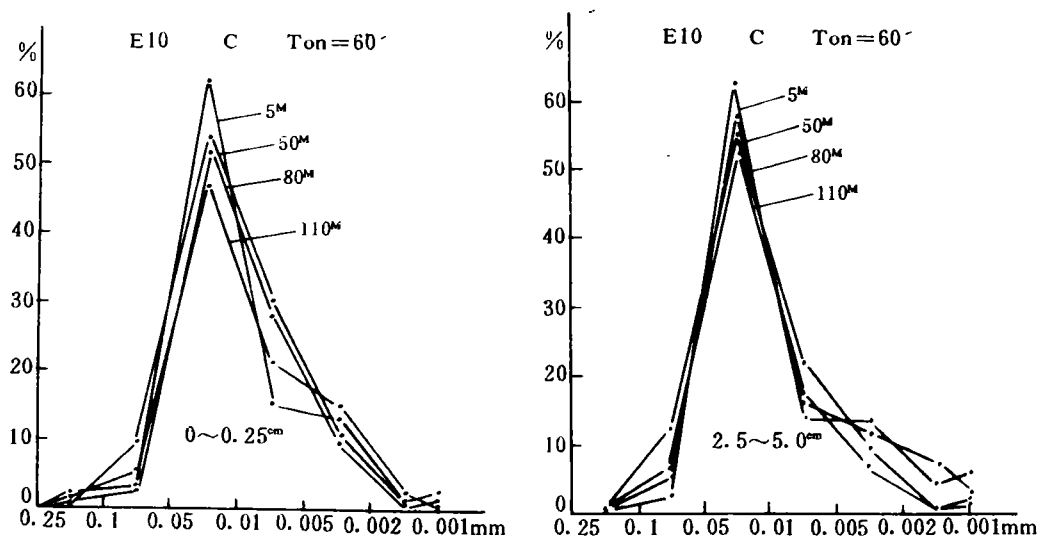


图1 连续灌不同深度沿畦长方向粒度组成

土壤的粒度组成有一定的影响,根据资料分析,这种影响主要体现在沿纵深方向的特点上。而在以后的灌水中,由于地表土壤结构已稳定下来,同时地表糙率减小,这就使得水流对土壤的携带、冲刷和“淋洗”减小,事实上,只要灌溉流量适宜,以后的灌水很少改变土壤的粒度组成,除非对土壤重新进行耕种。

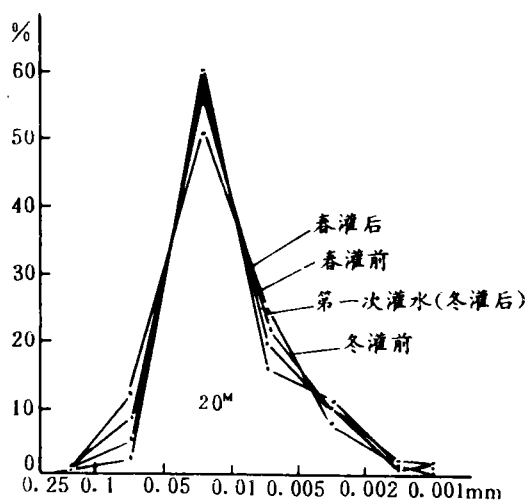


图2 灌前、后粒度组成变化

沿纵深方向粒度组成的相近性表明,在传统连续灌过程中,细颗粒在入渗过程中被“洗入”下层的量是很少的,连续灌一般极少改变5cm以下土壤的粒度组成。

2.2 实行波涌灌的黄土的粒度组成特征

从资料来看,波涌灌后的土壤,沿畦长方向和纵深方向的特点与连续灌土壤有着相似之处。首先,波涌灌前后的土壤的粒度组成也有一定的变

以上分析表明,传统连续灌的结果是使表层土壤沿畦长有由粗变细的趋势,这主要是由于连续灌入畦流量大,对地表土壤有一定的冲刷,将畦前部颗粒带到了后部,并在灌溉水消退过程中沉积下来,事实上,在灌水过程中,这种冲刷并不是很严重。

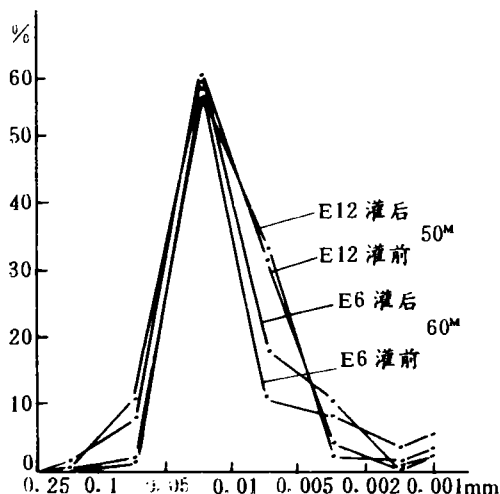


图3 灌前后、不同灌水参数影响

化,但较连续灌变化要小,最大的粒级变化 $<10\%$ (图3)。

沿畦(沟)长方向的粒度组成变化波涌灌与连续灌也有着相似之处,但值得注意的是,波涌畦灌土壤的粒度变化略小(0~15%),而对于沟灌,开沟后的第一次灌水沿沟方向各点几乎没有发生明显变化。这可能是由于通常波涌灌采用的流量较小,冲刷也少的缘故。同流量的两种灌水方式,波涌灌的间隔放水,改善了地表水流运动的下垫面条件,向着有利于水流通过的方向发展,从而减少了水流对土壤颗粒的携带。沿纵深方向波涌灌土壤的粒度组成变化很小,0.2~2.5cm与2.5~5.0cm深度相比,各级粒径间相差 $<5\%$ 。与连续灌土壤对比,没有类似的特征。

表1 畦沟连续灌、波涌灌不同深度、距离土壤的粒度组成

深度 cm	0.25~ 0.10	0.10~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.002	0.002~ 0.001	<0.001	备 注
0~2.5	1.95	6.20	61.64	19.78	6.79	2.67	0.98	E8, $T_{on}=60^{\circ}\text{C}$, 灌前(畦)
0~2.5	1.48	6.63	60.97	11.96	11.07	4.35	3.54	灌后
2.5~5.0	1.15	1.81	60.60	22.83	9.42	2.92	1.27	灌前
2.5~5.0	0.65	2.78	59.58	13.04	16.06	3.45	4.14	灌后
5~10	1.29	3.31	63.05	25.66	2.87	0.74	3.08	灌前
5~10	2.46	2.08	62.76	27.06	2.06	1.16	2.42	灌后
10~20	1.82	12.53	55.37	10.95	19.33	9.85	4.89	灌前
10~20	2.01	10.95	56.87	11.15	19.02	9.10	5.11	灌后
0~2.5	2.43	3.27	63.09	22.50	4.59	0.75	3.38	W3, S, $T_{on}=20^{\circ}\text{C}$ (沟), $r=1/2, 10\text{m}$
0~2.5	0.42	0.76	62.86	23.11	8.60	1.16	3.08	80m
0~2.5	0.63	1.65	62.56	20.45	12.62	1.26	2.48	150m
0~2.5	0.62	0.75	60.66	23.46	9.68	2.37	3.21	230m

不同的灌水时间、停水时间和循环率对土壤的粒度组成没有引起明显的变化(图3)。事实上,在相同流量下,波涌灌与连续灌土壤的粒度组成的差别是微乎其微的,这说明,在不冲不淤流速下,波涌灌虽然在停水过程中改善了下一周期灌溉水流的下垫面条件,从而增高了水流推进速度,但是水流所能携带的土壤颗粒和连续灌水流一样是相当有限的,不足以引起沿沟畦长方向以及深度方向土壤粒度组成的很大变化。波涌灌不同的灌水参数当然也就不足以对土壤的粒度组成产生明显的影响。

3 结论

3.1 根据大量的取样资料分析表明,在实际灌水过程中,不论是波涌灌,还是连续灌,被灌溉水冲刷并携带到下游的颗粒实际上是非常有限的,这种现象多发生在田块耕后的第一次灌水,除非灌水量大到一定程度,否则在以后的灌水中,被冲刷携带的颗粒是极少的。特别是波涌灌后的土壤更是如此。

3.2 波涌灌土壤较连续灌土壤沿沟、畦长方向各级粒度组成更相近,这是因为波涌灌较连续灌在灌水过程中沿沟、畦方向流量分布更均匀,特别是波涌沟灌的沟底和沟侧边的各级粒度组成的最大最小值相差 $<8\%$,一般都在5%以内。

3.3 连续灌土壤的粒度组成在纵深方向有较小的变化,在5cm以下,土壤的粒度组成在灌水前后不发生改变,0~2.5cm与2.5~5.0cm深度比较,各组粒度成分之间的变化在0~10%之间,表土和次表土的粒度组成的主要区别在于:表土的0.01~0.005mm粒级(18%~35%)略大于次表土的该粒级(11%~32%),而0.005~0.002mm颗粒(2%~10%)略小于次表土(6%~14%)。

3.4 波涌灌土壤的粒度组成在纵深方向的变化亦很小,0~2.5cm与2.5~5.0cm相对比,各级粒径间相差 $<5\%$ 。

3.5 波涌灌条件下,不同的灌水时间、停水时间和循环率对土壤的粒度组成没有明显的影响。

3.6 此项研究证明,波涌灌节水并不是由灌水过程中水分的入渗将土壤的细颗粒洗入大孔隙(下移)以减少孔隙来完成的。更大的可能性是耕后土壤在灌溉水流的作用下,地表的团、块土壤崩塌、分散,一方面地表干容重增大而导水率减小,另一方面地表变得光滑,有利于水流的通过造成的。

3.7 事实上,灌水对农田土壤粒度组成的时空分布的影响是个长期的效应,只要灌水流量合理,粒度组成的时空分布几乎不发生很大的改变。

参考文献

- 1 W D Kemper, T J Trout, et al. Mechanisms by Which Surge Irrigation Reduces Furrow Infiltration Rates in a Silty Loam Soil, TRANS. of the ASAE, 1988, 31(3).
- 2 Z A Samani, W R Walker, et al. Infiltration under Surge Flow Irrigation, TRANS. of the ASAE, 1985, 28(5).

(上接第26页)

参考文献

- 1 Jarvis P G. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 1976, 273: 539~610
- 2 Turner. N C. Mechanisms of regulation of Plant growths. Bulleirr, 1974, 12: 1~12
- 3 DaviB. WJ. Kovlowski TT. Can. J. Bot. , 1976, 52: 1 552~1 534
- 4 Mithorpe, F. I. Moorby, J. In: An. Lntroduction ti. crop physiology. 1979, 39~43
- 5 Burrows G. J. Kollowski. ed. Water deficits and Plant. growth Vol. IV. New York: Academic. Press. 1726, 103~152
- 6 SzeiczG, Agric. Meteorol. 1973, 12: 361~389
- 7 Cowen IR. Adv. Bot. Res. , Iv. 1972: 117~228
- 8 Farghhar G D. Aust. J. PLant Physiol. , 1978, 5: 787~800
- 9 李临颖等. 气孔导度对环境因子的实验模拟研究. 1992年全国农业气象学述讨论会
- 10 王宏. 作物水分关系研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 259~264
- 11 刘萱等. 农业生态环境研究. 北京: 气象出版社. 1989: P409
- 12 康绍忠等. 冬小麦叶片水势、气孔阻力、蒸腾速率与环境因素的关系. 灌溉排水, 1991. 10(3): 1
- 13 M·N·布德科. 活动面温度及其生物气候学意义. 气象译丛, 1965, 2(2): 143~147
- 14 卫林, 江爱良, 蒋世逵, 农田叶面温度计算方法的研究. 农业气象, 1981. 3(4): 37~42
- 15 卫林, 蒋世逵, 江爱良, 青藏高原作物(小麦)活动面温度的特征. 气象学报, 1986, 44(1): 63~69
- 16 GJR 索尔. 利用遥感作物表面温度估算区域蒸散量和土壤水分状况. 地理译报, 1982, (1): 2~10
- 17 Hatfield J LAgron. J. 1895, 77(2): 279~283
- 18 翁笃鸣, 陈万隆, 沈觉成等, 小气候和农田小气候. 北京: 农业出版社, 1981, 35: 4~356
- 19 landsberg, J. J. 温度的影响与植物的反应. 见: 高亮之主编. 作物气象生态译丛. 北京: 农业出版社, 1984, 1~14
- 20 Khera K L et. Agric. for Meteorol. , 37(3): 245~258
- 21 坪井八十二等编(侯安森等译). 新编农业气象手册. 北京: 农业出版社, 1985, 91~93
- 22 Gates. Transpiration and Leaf temperature. Ann. Rev. Plant Phgsiol. 1968, 19: 211~238
- 23 Monteithe J L. Blackwell Scientific Publications. London, 1981, 1~29