

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.06.027

滴灌毛管泥沙分布与灌水器堵塞试验研究*

王亚林 朱德兰 张林 牛文鹏 张珍珍 任改萍

(西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西杨凌 712100)

摘要:为探明滴灌毛管泥沙分布及灌水器堵塞规律,通过对8种粒径的泥沙进行短周期浑水试验和堵塞试验,研究了泥沙在不同毛管分布和灌水器堵塞规律。结果表明:泥沙在不同毛管中淤积量的不均匀程度可以通过毛管淤积分布系数来衡量;泥沙在支管中的运动状态对进入毛管中的泥沙量影响很大,通过计算支管泥沙悬浮指数,可确定泥沙在不同毛管中的淤积状况,悬浮指数越大,泥沙在各毛管淤积量越不均匀,突变发生在悬浮指数等于0.325处;大颗粒泥沙在毛管底部以推移质形式运动,是造成灌水器突然堵塞的直接原因,且主要出现在第1、2条毛管中,而细小颗粒的絮凝作用是造成灌水器逐渐堵塞的主要原因。

关键词:灌水器 滴灌 毛管 泥沙分布 堵塞

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)06-0177-06

引言

滴灌作为一种高效的节水灌溉方式已在很多地区得到应用,但是堵塞问题仍然是影响滴灌技术发展的瓶颈。在西北干旱地区,水中泥沙含量高,引水必引沙,通过过滤器可以过滤一部分泥沙,但是仍然会有一部分细颗粒泥沙进入滴灌管网中。如果采用多级过滤,虽然可以增强过滤效果,但会增加成本,不利于滴灌技术的推广和应用。因此研究泥沙在滴灌管网中的分布规律以及对灌水器堵塞的影响具有重要现实意义。当前关于灌水器堵塞的研究较多^[1-11],大都是针对灌水器流道堵塞提出的,滴灌管网中的泥沙分布规律以及毛管泥沙对灌水器堵塞影响的研究涉及较少。

本文通过对8种不同粒径的泥沙配制浑水,采用短周期加沙浑水试验和堵塞试验,研究泥沙在不同毛管中分布及灌水器堵塞规律,为探寻灌水器堵塞原因及合理布设毛管提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置

试验在西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院灌溉水力学实验大厅中进行,试验装置由水沙搅拌装置、压力自动变频装置、流量采集装置和测试平台组成。水箱为直径0.6 m、高1 m的圆柱形水

箱,装有排水阀,用于每次试验结束后系统的冲洗,水泵额定扬程为40 m,压力表量程为40 m。支管内径为16 mm,从水泵到第1根毛管处的支管长度为4 m。毛管采用杨凌秦川公司生产的PE管,毛管长3 m,内径为14 mm,共5条毛管,相邻毛管的间距为27 cm,每条毛管接5个灌水器,共25个灌水器,将灌水器从1到25依次编号。相邻灌水器间距为45 cm,灌水器采用西北农林科技大学朱德兰等开发的大流量迷宫灌水器,流道为齿型迷宫流道,流道宽3 mm,深度2 mm,流道长度为336 mm,经清水测试得流量系数 $k = 5.06$,流态指数 $x = 0.52$,制造偏差系数为0.036,灌水器在5 m水头压力下初始流量为12.5 L/h。试验装置如图1所示。

1.2 试验方案

泥沙采用渭河天然沙,经过100~500目筛网加水严格筛分,将其分为8种粒径范围,每种粒径范围的泥沙取其上下粒径值的平均值作为泥沙代表粒径,如表1所示。试验分为两个阶段,第1阶段:短周期连续加沙试验。设定浑水含沙量(质量浓度)分别为0.25、0.50、0.75、0.10、1.25、1.50、1.75、2.0 g/L。采用5 m压力水头,以初始浑水含沙量0.25 g/L分别对8种粒径泥沙进行浑水试验,每次灌水30 min,收集从灌水器排出的浑水,通过称量传感器记录每个灌水器的流量。灌水停止后间隔3 h,将浑水含沙量增加到0.5 g/L,继续浑水试验

收稿日期:2013-07-26 修回日期:2013-09-16

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD29B00)和教育部、国家外国专家局“111”计划资助项目(B12007)

作者简介:王亚林,博士生,主要从事节水灌溉理论与新技术研究,E-mail: gmhx535@163.com

通讯作者:朱德兰,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与新技术研究,E-mail: dlzhu@126.com

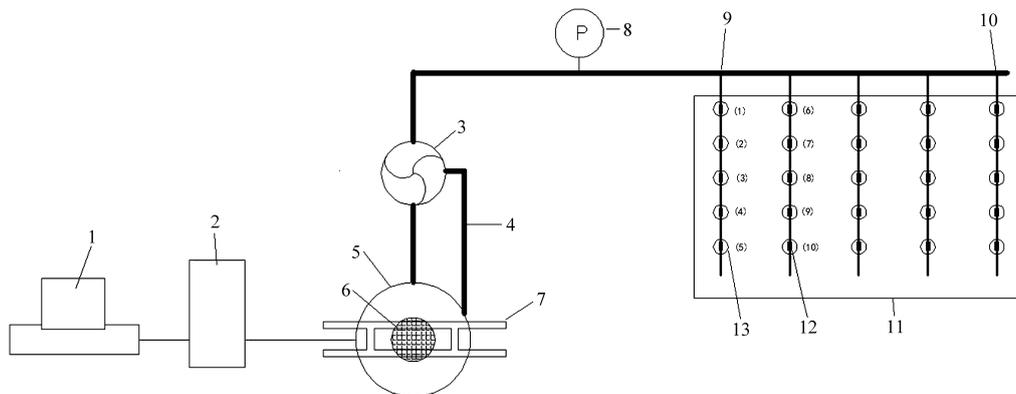


图1 试验装置示意图

Fig. 1 Layout of the experimental platforms

1. 计算机 2. 变频柜 3. 水泵 4. 回水管 5. 水箱 6. 搅拌机 7. 支架 8. 压力表 9. 第1条毛管 10. 第5条毛管 11. 测试平台
12. 灌水器 13. 称量传感器

30 min, 间隔3 h后进入下一阶段, 直到浑水含沙量达到2.0 g/L为止。每种粒径试验结束后对灌水系统进行3次冲洗, 下组试验采用新的毛管和灌水器, 每天灌水2次, 每种粒径需灌水4 d, 8种粒径合计灌水32 d。每种粒径泥沙灌水结束后, 将毛管置于通风位置晾晒风干, 待管中泥沙干后, 称量每条毛管的质量, 与灌水前进行比较, 分析不同粒径泥沙在毛管中的淤积量。第2阶段: 灌水器堵塞试验。对试验第1阶段每组粒径所用毛管, 在放置30 d后, 重新装于试验平台, 将含沙量固定为2.0 g/L, 在5 m的压力下灌水30 min, 间隔6 h, 每组粒径灌水10次, 每天2次, 5 d为一组, 灌水结束后, 将毛管拆下, 换装下一粒径组毛管继续灌水, 从D1组到D8组依次进行, 直到8组泥沙灌水结束, 共计40 d。记录各组灌水器质量, 统计堵塞情况。

表1 泥沙粒径分级参数表

Tab. 1 Sediment particle size distribution

试验组编号	筛网目数	粒径范围/mm	泥沙粒径/mm
D1	100 ~ 120	0.150 ~ 0.125	0.138
D2	120 ~ 160	0.125 ~ 0.100	0.113
D3	160 ~ 200	0.100 ~ 0.075	0.088
D4	200 ~ 250	0.075 ~ 0.058	0.067
D5	250 ~ 325	0.058 ~ 0.045	0.052
D6	325 ~ 400	0.045 ~ 0.038	0.042
D7	400 ~ 500	0.038 ~ 0.031	0.035
D8	> 500	< 0.031	< 0.031

1.3 基本理论

泥沙在水中可分为以下4种运动状态^[12]: 当固体颗粒较粗, 流速较低时, 固体颗粒没有开始运动, 床面保持固定; 当流速增大, 或者颗粒粒径减少时, 一定大小的床面颗粒起动进入运动状态, 颗粒以推移运动为主, 也有小量悬移运动; 当流速进一步增

大, 或者泥沙粒径进一步减少时, 大部分颗粒进入悬移运动, 但仍有一部分或小部分颗粒为推移运动; 当流速很高, 或者粒径很小时, 全部固体颗粒都属于悬移运动。

判断泥沙在水中的运动状态通常采用悬浮指数^[13], 悬浮指数的计算公式为

$$z = \frac{\omega}{\kappa U_*} \quad (1)$$

式中 ω ——泥沙沉速, m/s
 U_* ——摩阻流速, m/s
 κ ——Karman 常数

试验所配浑水含沙量较低, 故采用单颗粒泥沙沉速公式^[13]为

$$\omega = \frac{1}{18} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{g D^2}{\nu} \quad (2)$$

式中 γ_s ——清水的容重, N/m³
 D ——泥沙颗粒的代表粒径, m
 γ ——沙粒的容重, N/m³
 g ——重力加速度, m/s²
 ν ——清水的运动粘滞系数, m²/s

摩阻流速的计算公式^[13]为

$$U_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{g R J} \quad (3)$$

式中 R ——水力半径, m
 ρ ——浑水密度, kg/m³
 J ——单位距离的水头损失
 τ_0 ——边壁切应力, N/m²

2 结果与分析

2.1 毛管淤积量与输沙量的关系

第1阶段试验过程中, 灌水器均未发生明显堵塞, 每组试验灌水器的相对流量都在90%以上。根

据所测灌水器流量,得出进入滴灌系统的浑水总量,并认为进入滴灌系统的浑水浓度与所配泥沙浓度相同,计算得到进入滴灌系统中的总输沙量。表2为毛管总淤积量与总输沙量的关系。

表2 不同泥沙粒径下毛管总淤积量

Tab.2 Total amount of siltation in lateral pipes with different particle size

粒径/mm	0.138	0.113	0.088	0.067	0.052	0.042	0.035	<0.031
P/%	55.7	57.7	67.2	66.7	60.4	68.3	68.7	43

P 为毛管总淤积量所占输沙量的百分比。由表2可以看出,除了小于0.031 mm的泥沙之外,其他粒径的泥沙在毛管中的淤积量都超过50%,小于0.031 mm的泥沙也超过40%,5种粒径超过60%。这表明进入滴灌管网中的泥沙很大部分淤积到毛管中。

2.2 泥沙粒径对不同毛管淤积分布的影响

表3为8种不同粒径的泥沙在5条毛管中的泥沙淤积量分布表。从表中可以看出,当粒径为0.138、0.113、0.088、0.067 mm 4种较大粒径时,泥沙分布很不均匀,在第1条毛管中的泥沙淤积量最大,在第2、3、4、5条毛管中的泥沙淤积量依次减少;当粒径为0.052、0.042、0.035、<0.031 mm 4种较小粒径时,泥沙分布比较均匀,泥沙在5条毛管中淤积量有先增大后减少的趋势。泥沙分布的不均匀程度随着泥沙粒径的不同而改变,泥沙在不同毛管中淤积量的不均匀程度可以通过毛管淤积分布系数 c 来衡量, c 的计算公式为

$$c = \sqrt{\frac{(m_1 - E)^2 + (m_2 - E)^2 + \dots + (m_n - E)^2}{nE^2}} \quad (4)$$

式中 m_1 、 m_2 、 m_n ——沿水流方向在第1、2和 n 条毛管中的泥沙淤积量,kg

E ——所有毛管淤积量的平均值,kg

n ——毛管总数

表3 不同粒径泥沙在5条毛管中的淤积量

Tab.3 Siltation distribution of sediment in 5 lateral pipes with different sediment particle size kg

毛管编号	泥沙粒径/mm							
	0.138	0.113	0.088	0.067	0.052	0.042	0.035	<0.031
1	0.320	0.316	0.304	0.303	0.172	0.206	0.194	0.124
2	0.268	0.267	0.268	0.266	0.194	0.199	0.211	0.131
3	0.101	0.105	0.184	0.183	0.176	0.212	0.187	0.117
4	0.048	0.074	0.131	0.131	0.164	0.164	0.182	0.115
5	0.014	0.018	0.020	0.018	0.109	0.140	0.152	0.094

表4为不同泥沙粒径对应的毛管淤积分布系

数。由表4可以看出,粒径较大时 c 较大,并随粒径的减小而缓慢减小,当粒径达到0.052 mm时, c 发生突变,减少超过2/3,再随粒径减小而缓慢减小。这表明随着粒径的减小,泥沙在各个毛管中的淤积量由不均匀到相对均匀。粒径从0.067 mm到0.052 mm时,毛管淤积分布系数发生了突变。

表4 不同泥沙粒径下的毛管淤积分布系数

Tab.4 Coefficient of siltation distribution with different sediment particle size

粒径/mm	0.138	0.113	0.088	0.067	0.052	0.042	0.035	<0.031
c	0.81	0.74	0.56	0.56	0.18	0.15	0.10	0.11

2.3 不同粒径泥沙在支管中的悬浮指数

近代紊流测量结果表明摩阻流速 U_* 近似等于垂向脉动流速的均方根^[14],故可用 U_* 衡量水流的脉动强度。而沉速 ω 则表示水中泥沙因重力作用而向下的运动强度,当水流的脉动强度大于泥沙向下的运动强度时,泥沙在水中悬浮运动;当水流的脉动强度小于泥沙向下的运动强度时,泥沙下沉到管底。故以悬浮指数 z 作为判别泥沙所处运动状态的依据从机理上是可行的。钱宁^[13]把 $z=5$ 看成泥沙开始进入悬浮状态的临界值,把 $z=0.325$ 看成泥沙从均匀悬浮到不均匀悬浮的临界值。一般认为 $z \geq 5$ 时,以悬浮形式运动的泥沙已经很少,泥沙基本以推移质的形式运动; $z \leq 0.325$,泥沙基本以均匀悬浮的形式存在^[15]。而 z 值在0.325~5之间时,泥沙处于部分以推移质形式运动,部分以悬移质形式运动, z 值越大,以推移质运动的泥沙越多,以悬移质运动的泥沙相对越少。根据灌水器流量求得支管中水流流速,沿程水头损失计算采用达西公式, Karman 常数 κ 取0.4,由式(1)~(3)计算得到支管中泥沙悬浮指数如表5所示。

表5 支管中不同泥沙粒径的悬浮指数

Tab.5 Suspension index with different sediment particle size in branch pipe

粒径/mm	0.138	0.113	0.088	0.067	0.052	0.042	0.035	<0.031
悬浮指数 z	1.55	1.04	0.63	0.36	0.22	0.14	0.10	<0.08

由表5可以看出,泥沙粒径从0.067 mm过渡到0.052 mm,悬浮指数从0.36降到0.22,泥沙运动状态发生改变,泥沙从不均匀悬浮变为均匀悬浮。泥沙粒径小于等于0.052 mm的4种泥沙,基本处于均匀悬浮状态,而泥沙粒径大于等于0.067 mm的4种泥沙,处于部分以推移质形式、部分以悬移质的形式运动。

2.4 灌水器堵塞情况分析

本试验以5 m压力下75%初始流量作为堵塞

标准,第2阶段8组泥沙试验结束后,统计灌水器堵塞情况。表6为各粒径发生堵塞的灌水器统计表,灌水结束时发生堵塞的灌水器总个数为19个。灌水器堵塞的发生具有多种形式,部分灌水器流量保持正常,灌水至某一阶段时流量突然降低为0,发生完全堵塞,如D1的3、4、8、10号,D2的2、4、5号;部分灌水器流量是呈逐渐下降的趋势,尤其在灌水后期比较明显,并且在灌水结束时流量下降到75%清水流量线以下,如D6的10号,D7的15号,D8的14、15、19、23号;有些灌水器堵塞过程是反复进行的,即在某一阶段流量会降低到75%清水流量线以下,下一阶段流量又恢复到90%以上,流量忽高忽低,堵塞发生阶段具有随机性,如D1的11号,D2的10号,D3的2、21号,D5的11号,D8的14、19、23号。

表6 灌水器堵塞情况统计表
Tab.6 Summary of emitter clogging

试验组 编号	泥沙粒 径/mm	灌水器编号			总数 /个	所占 比例/%
		突然堵塞	逐渐堵塞	反复堵塞		
D1	0.138	3,4,8,10		11	5	20
D2	0.113	2,4,5		10	4	16
D3	0.088	21		2	2	8
D4	0.067				0	0
D5	0.052			11	1	4
D6	0.042		10		1	4
D7	0.035		15		1	4
D8	<0.031		14,15、 19,23		4	16

3 讨论

3.1 毛管泥沙淤积规律原因分析

泥沙在支管中不同的运动状态直接导致了输送到各毛管泥沙量的不同。当粒径为0.138~0.067 mm时,此时支管中的泥沙存在推移质时,水历经第1条毛管分流,底部推移质大部分随分流流入毛管,使得进入第1条毛管的泥沙最多,在经过第2条毛管时,因含沙量降低,使得进入第2条毛管的泥沙减少,之后经过第3、4条毛管分流,进入第3、4条毛管的泥沙量依次减少;当粒径小于0.052 mm时,此时泥沙均匀悬浮,经毛管分流,进入毛管的泥沙量基本与水流流量呈正比,所以5条毛管中的泥沙淤积量相对均匀,在粒径小于0.052 mm时,虽然此时毛管泥沙淤积量较粒径大时均匀,但仍有细微的变化规律。毛管中的泥沙淤积量先略微增大,而后略微减少,这是因为当支管水流经过第1条毛管分流之后,流量减少,流速降低,部分原来以悬移质存在的泥沙变为推移质,故流经第2条毛管时,泥沙淤积量反而略微

增大,之后因水流含沙量有所降低,使得进入第3、4、5条毛管的泥沙略微减少。因相邻毛管间距较短,泥沙从悬移质变为推移质的量较少,大部分泥沙仍以悬移质形式存在,所以在粒径小于0.052 mm情况下,毛管中泥沙淤积量略有变化,但仍比较均匀。

3.2 堵塞机理分析

由表6可以看出,除了D8组,剩余组基本都是随着泥沙粒径的减小,堵塞灌水器的个数相应减少,上述结果表明,泥沙粒径大小仍是灌水器堵塞的主要原因,粒径越大越容易堵塞,这与部分研究结果存在一定的差异,刘璐等^[1]认为灌水器堵塞存在敏感粒径,粒径在0.031~0.038 mm的泥沙颗粒更容易堵塞,而不在此范围的泥沙颗粒相对不易堵塞。分析原因认为刘璐等的研究是将小于0.1 mm泥沙经过研磨震荡过筛分组,如此得到的各组泥沙颗粒附有细小黏性颗粒无法去除,而此部分黏性颗粒将会影响其他泥沙颗粒在水流中的流动特性,敏感粒径更容易堵塞可能是黏性颗粒与非黏性颗粒综合作用的结果,而本研究泥沙分组采用的是水筛法,每组泥沙在经过震荡后加水充分搅拌,吸附在大颗粒泥沙上的黏性颗粒随水流从筛孔流出,故得到的泥沙颗粒不受黏性颗粒的影响。灌水器堵塞形式具有一定规律性,即粒径较大的D1、D2组,主要发生的是突然堵塞,且都是发生在第1、2条毛管,而D8组主要发生的是逐渐堵塞,这主要是由于D1、D2组,粒径较大时,输入第1、2条毛管的推移质泥沙较多,从图2可以看出,堵塞形式可能是推移质形式的泥沙遇到灌水器在毛管中的接头,在接头的前端不断淤积,当堆积高度超出接头高度时,大量的推移质泥沙通过接头进入灌水器,导致灌水器突然堵塞,而随着泥沙粒径的减少,更多泥沙由推移质变为悬移质,泥沙更容易从灌水器流道中排出,故灌水器不易堵塞。而D8组出现了较多逐渐堵塞的灌水器,这是因为D8组泥沙粒径小于0.031 mm,此时泥沙粒径满足了絮凝所需的粒径条件^[13],泥沙通过絮凝作用形成大的絮团颗粒,絮团颗粒随水流在灌水器流道中逐渐堆积,造成流道堵塞,这是灌水器逐渐堵塞的主要原因。D4组没有灌水器出现堵塞,主要是因为D4组泥沙粒径相比D1、D2组,粒径减小,泥沙颗粒更容易通过灌水器流道随水流流出;相比D8组,此粒径泥沙超过0.03 mm的两倍,也不容易发生絮凝现象,故中间组的泥沙颗粒最不容易堵塞灌水器。还有一小部分灌水器是反复堵塞,这一次灌水流量降低到75%以下,下一次灌水又恢复流量,此种堵塞形式具有一定的偶然性和随机性,有的因进入毛管

的泥沙量较少,可能只堵塞了灌水器流道某一拐点,下一次灌水又被冲开,如D1的(11)号灌水器;有的虽然进入毛管泥沙量较多,但是其粒径较小,不足以完全堵塞灌水器流道,这次灌水堵了一段,下次又被冲开,如D3的(2)号灌水器 and D5的(11)号灌水器。

4 结论

(1)进入滴灌系统管路中的泥沙超过40%淤积在毛管中,故实际灌水时,应定期冲洗毛管。

(2)可用毛管淤积分布系数来衡量泥沙在各毛管中淤积的不均匀程度。粒径越大,毛管淤积分布系数越大,泥沙在各毛管中淤积量越不均匀。

(3)通过分析支管泥沙悬浮指数值可判断支管

中泥沙的运动状态。当悬浮指数大于0.325时,沿水流方向第1条毛管中的泥沙淤积量最大,而后依次减少;当悬浮指数小于0.325时,泥沙基本处于均匀悬浮状态。

(4)大颗粒泥沙在毛管底部以推移质形式运动,是造成灌水器突然堵塞的直接原因,且主要出现在第1、第2条毛管中;而细小颗粒的絮凝作用是造成灌水器逐渐堵塞的主要原因。

(5)在本研究所用灌水器条件下,应控制泥沙粒径不超过0.1 mm,含有较多细小黏性颗粒(粒径小于0.03 mm含沙量大于等于2.0 g/L)的水流不适合使用滴灌灌溉。实际灌水时,经计算若支管中存在推移质颗粒,则要注意及时冲洗管道,特别是第1条分流的毛管,最好每次灌水结束后都冲洗一次。

参 考 文 献

- 刘璐,牛文全, Bob Zhou. 细小泥沙粒径对迷宫流道灌水器堵塞的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 87-93.
Liu Lu, Niu Wenquan, Bob Zhou. Influence of sediment particle size on clogging performance of labyrinth path emitters [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 87-93. (in Chinese)
- 王文娥,王福军,牛文全,等. 滴头流道结构对悬浮颗粒分布影响的数值分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 1-6.
Wang Wen'e, Wang Fujun, Niu Wenquan, et al. Numerical analysis of influence of emitter channel structure on suspended granule distribution [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(5): 1-6. (in Chinese)
- 牛文全,吴普特,喻黎明. 基于含沙量等值线的迷宫流道结构抗堵塞设计与模拟[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 14-18.
Niu Wenquan, Wu Pute, Yu Liming. Anti-clogging experimental investigation and optimized design of micro-channels of emitter based on isoline of sand content [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5): 14-18. (in Chinese)
- 牛文全,喻黎明,吴普特,等. 迷宫流道转角对灌水器抗堵塞性能的影响[J]. 农业机械学报, 2009, 40(9): 51-55.
Niu Wenquan, Yu Liming, Wu Pute, et al. Influence of angle of labyrinth channels on anti-clogging performance of emitter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(9): 51-55. (in Chinese)
- 葛令行,魏正英,曹蒙,等. 微小迷宫流道中的沙粒沉积规律[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 20-24.
Ge Lingxing, Wei Zhengying, Cao Meng, et al. Deposition law of sand in labyrinth-channel of emitter [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(3): 20-24. (in Chinese)
- 李治勤,陈刚,杨晓池. 浑水引起迷宫灌水器物理堵塞因素实验研究[J]. 西安理工大学学报, 2006, 22(4): 395-398.
Li Zhiqin, Chen Gang, Yang Xiaochi. Experimental study of physical clogging factor of labyrinth emitter caused by muddy water [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2006, 22(4): 395-398. (in Chinese)
- 李云开,杨培岭,任树梅,等. 分形流道设计及几何参数对滴头水力性能的影响[J]. 机械工程学报, 2007, 43(7): 109-113.
Li Yunkai, Yang Peiling, Ren Shumei, et al. Effects of fractal flow path designing and its parameters on emitter hydraulic performance [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(7): 109-113. (in Chinese)
- 李云开,刘世荣,杨培岭,等. 滴头锯齿型迷宫流道消能特性的流体动力学分析[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 49-52.
Li Yunkai, Liu Shirong, Yang Peiling, et al. Hydrokinetics analysis on the pressure losses in sawtooth-labyrinth path drip irrigation emitters [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12): 49-52. (in Chinese)
- 闫大壮,杨培岭,赵桥. 滴头流道内部含沙水流流动特征的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 52-56.
Yan Dazhuang, Yang Peiling, Zhao Qiao. Experimental study on sediment flow hydraulic characteristics in dripper emitter path [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2): 52-56. (in Chinese)
- 魏正英,赵万华,唐一平,等. 滴灌灌水器迷宫流道主航道抗堵设计方法研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 1-7.
Wei Zhengying, Zhao Wanhua, Tang Yiping, et al. Anti-clogging design method for the labyrinth channels of drip irrigation emitters [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 1-7. (in Chinese)
- Shannon W M, James L G, Bassett D L, et al. Sediment transport and deposition in trickle irrigation laterals [J]. Transactions of the ASAE, 1982, 25(1): 160-164.
- 费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学[M]. 北京:清华大学出版社, 1994.
- 钱宁,万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京:科学出版社, 1983.
- 华景生,万兆惠. 管道输沙未出现淤积前的阻力研究[J]. 有色金属, 1989, 41(2): 5-11.
Hua Jingsheng, Wan Zhaohui. On the resistance of a flow in closed conduit under occurrence of both suspended load and bed load

[J]. *Nonferrous Metals*, 1989, 41(2):5-11. (in Chinese)

15 王昌杰. 河流动力学[M]. 北京:人民交通出版社, 2000.

16 魏正英,苑伟静,周兴,等. 我国压力补偿灌水器的研究进展[J]. 农业机械学报,2014,45(1):94-101,107.

Wei Zhengying, Yuan Weijing, Zhou Xing, et al. Research progress of pressure compensating emitters in micro-irrigation systems in China[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2014,45(1):94-101,107. (in Chinese)

17 蒋树芳,康跃虎,曲强. 坡地上灌水器流量均等微灌双向毛管设计方法[J]. 农业机械学报,2011,42(7):82-85,129.

Jiang Shufang, Kang Yaohu, Qu Qiang. Designing paired laterals of micro-irrigation system with emitter in homologous discharge rate on slope field[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011,42(7):82-85,129. (in Chinese)

18 喻黎明,吴普特,牛文全. 迷宫流道偏差量对灌水器水力性能及抗堵塞性能的影响[J]. 农业机械学报,2011,42(9):64-68.

Yu Liming, Wu Pute, Niu Wenquan. Influence of the offset of labyrinth channels of drip emitters on hydraulic and anti-clogging performance [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011,42(9):64-68. (in Chinese)

19 李贵兵,任树梅,杨培岭,等. 再生水条件下灌水器内生物膜生长对流量的影响[J]. 农业机械学报,2012,43(3):33-38.

Li Guibing, Ren Shumei, Yang Peiling, et al. Effects of growth of biofilm to emitters flow in emitter of reclaimed wastewater irrigation[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012,43(3):33-38. (in Chinese)

20 陈艳,白丹,任长江,等. 基于分形理论的地下滴灌灌水器水力特性研究[J]. 农业机械学报,2010,41(增刊):47-52.

Chen Yan, Bai Dan, Ren Changjiang, et al. Research on the hydraulic properties of SDI emitter based on fractal theory [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010,41(Supp.):47-52. (in Chinese)

Experiment on Sediment Distribution in Lateral Pipes and Clogging of Emitter

Wang Yalin Zhu Delan Zhang Lin Niu Wenpeng Zhang Zhenzhen Ren Gaiping

(*Institute of Water Saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A&F University,
Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: To clarify the influence of particle size on the distribution of lateral pipes and clogging of emitter in drip irrigation system, the experiments of short-term muddy water and clogging were conducted with eight types of different particle size to investigate the distribution of sediment in different lateral pipes and emitter clogging situation. The results showed that the coefficient of siltation distribution of lateral pipes could be used to measure the nonuniform siltation distribution of sediment in different lateral pipes. The moving state of sediment in branch pipe greatly influenced the amount of sediment entered from lateral pipes. Therefore, the situation of sediment deposited in different lateral pipes could be determined by the suspension index of sediment in branch pipe. The siltation amount was more nonuniform in each lateral pipe when the suspension index was higher. The mutation happened where suspension index was 0.325. In addition, the large particles of sediment moved as the form of bed load at the bottom of lateral pipes, which directly resulted in the unexpected clogging of emitter, and mainly appeared in the first and second lateral pipe. While the flocculation of the fine particles was the main reason causing the clogging of the emitter. The research on the distribution of sediment in lateral pipes and the clogging rule of emitter in drip irrigation system was helpful to deeply understand sediment motion rule in pipe network and provided some references for searching clogging reason of emitters and reasonable arrangement of lateral pipes.

Key words: Emitter Trickle irrigation Lateral pipe Sediment distribution Clogging