

地下滴灌灌水器堵塞研究

仵 峰, 范永申, 李 辉, 郭志新, 李金山, 李王成

(中国农业科学院农田灌溉研究所, 新乡 453003)

摘 要: 地下滴灌(SDI)是一种高效的节水灌溉技术,但系统易于堵塞,堵塞问题成为影响地下滴灌成败的关键。通过对运行 8 年的地下滴灌系统堵塞的实地调查,迷宫式、微管式和孔口式等 3 类型的灌水器均有不同程度的堵塞,堵塞率分别达到 16.67%、25% 和 63.89%。分析 3 类型灌水器的堵塞状况,引起地下滴灌堵塞的主要原因是进入系统的微粒在流道壁的附着和发育。为此,提出加强过滤、定时冲洗和改变滴头流道设计等解决地下滴灌堵塞的建议。

关键词: 地下滴灌; 堵塞; 抗堵塞建议

中图分类号: S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0080-04

0 引言

地下滴灌的毛管和灌水器埋于地下,灌溉水、肥可直接送到作物根区,有效地减少了地表蒸发和深层渗漏,提高了水的利用率,是今后微灌发展的方向之一^[1]。美国加利福尼亚州大学灌溉技术中心主任 David F. Zoldoske 曾预言:“灌溉的未来将是地下滴灌”^[2]。地下滴灌技术发展前景广阔,但迄今为止,地下滴灌的堵塞问题仍未完全解决,除与地表滴灌相同的堵塞原因外,还增加了根系入侵和负压吸泥等因素,因而地下滴灌比地表滴灌相更易引起堵塞。堵塞问题是影响地下滴灌成败的关键。

地表滴灌的堵塞易于观察,灌水器更换相对容易,尤其是一次性滴灌带的兴起,大大地缓解了其堵塞问题,而地下滴灌的堵塞自始至终困扰着研究人员和应用者,如何解决地下滴灌的堵塞问题,成为地下滴灌研究的一个重点,得到了众多学者的关注,目前主要采用无纺布包裹滴头^[3]、向系统加入化学药剂^[4,5]、在毛管末端增加冲洗管等方法。针对地下滴灌中可能存在的负压吸泥现象,以色列 Plastro 公司发明了一种滴头出口在灌水停止时可自动锁闭的内镶式压力补偿式滴头,以防止负压吸泥;“九五”末,我国也成功研制了类似的地下滴灌灌水器^[6]。灌水器出口处土壤含水量较高,由于根系具有向水性,有可能入侵灌水器而堵塞出口, Solomon 等^[7](1992)对草坪灌溉的各种灌水器进行评估,发现只有 2 个灌水器没有根系进入。Ruskin 等^[5](1990)曾提出在灌溉水中加入一种化学药剂,从而阻止根系的入侵,并已成功使用近 10 年。

随着节水灌溉事业的发展,我国的地下滴灌正在兴起。通过对运行近 8 年的地下滴灌系统的堵塞状况进行实地调查,分析引起灌水器堵塞的原因,寻求解决地下滴灌堵塞的对策,以促进地下滴灌的健康发展。

1 试验条件

地下滴灌系统采用生活用自来水,通过高 6 m 的自动水位控制水箱(水位波动在 0.1 m 以内)向系统供水,并在系统的入口加设 120 目的网式过滤器(10 m³/h)、流量计、压力表、阀门等控制和量测设备。

田间系统共有 8 个南北向的试验池(2.4 m × 3.2 m)及相应的试验地块(2.8 m × 7.4 m),每个小区的首部各设一阀门及水表,可单独向小区供水。每个处理 3 根 ∅15 毛管,并将毛管尾部串联,集中冲洗。毛管埋深 0.3 cm,间距 0.8 cm;滴头间距 0.5 cm,本次着重调查了 1995 年 6 月埋设的 3 个小区,调查的地下滴灌系统平面布置图见图 1。自西向东依次布置内镶式滴灌带(台风带)、发丝管式滴头及孔口式滴头。内镶式滴灌带采用以色列产的 Typhon 管,滴头的额定流量为 2.3 L/h。孔口式滴头采用水利部农田灌溉研究所生产的 KD-3 型滴头,制造偏差系数 0.063,压力流量关系为: $q = 6.370 H^{0.512}$ 。微管内径 1 mm、长度为 0.95 m,缠绕在毛管上,压力流量关系为:

$$q = 0.556 H^{0.745} d^{3.06} L^{-0.745}$$

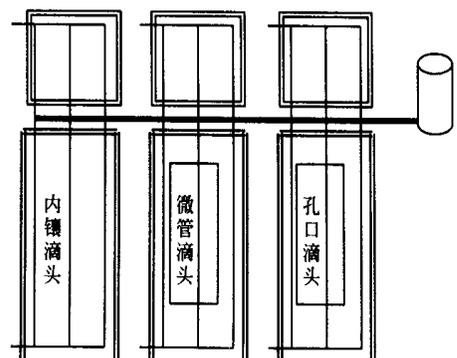


图 1 地下滴灌试验系统布置示意图

Fig 1 Experiment layout of subsurface drip irrigation (SDI) system

以上 3 个小区,在试验初期(1995 年、1996 年)以小麥——西红柿轮作,1997 年进行了棉花地下滴灌试验,此后全部为小麥——玉米轮作。为保证作物出苗和苗期的正常生长,在种植前采用地面灌一次大水,灌水定

收稿日期: 2003-04-14 修订日期: 2003-09-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50079029)

作者简介: 仵 峰(1969-),男,河南南阳人,副研究员,主要从事节水灌溉技术研究。新乡 中国农业科学院农田灌溉研究所,453003

额 $450 \text{ m}^3/\text{hm}^2$; 作物生长过程中, 全部采用地下滴灌, 地下滴灌的灌水是以埋设在测坑内的石膏块为基准 (-40 cm), 当所测的土壤水分达到田间持水量的 70% 时, 即开始灌水, 灌水定额 $150 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。年最少灌溉次数 (1996 年) 灌水 8 次, 最多灌水 14 次 (2000 年、2001 年), 多年平均灌水次数为 12.6 次。

2 结果与分析

由于在灌水过程中发现: 以上 3 个小区的灌水量明

显小于设计流量, 灌水后土壤水分调查过程中, 沿毛管的局部土壤仍然干燥, 因此决定挖开毛管, 调查以上滴头的堵塞情况。

2.1 调查结果

1) 不同类型滴头堵塞调查

毛管是从尾部依次挖开, 每条毛管均挖出 12 个滴头, 从毛管尾部向上游依次对滴头编号, 在空气中观察其出流状况。调查结果见表 1。

表 1 地下滴灌滴头堵塞调查结果

Table 1 Investigation of the emitter clogging in SD I

滴头类型	滴头位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
内镶滴头	西	堵塞	堵塞			半堵塞	半堵塞						
	中												
	东			堵塞	堵塞								
微管滴头	西	堵塞	堵塞	堵塞									堵塞
	中						半堵塞						
	东	堵塞					半堵塞					堵塞	堵塞
孔口滴头	西		堵塞	堵塞	堵塞	堵塞			堵塞		堵塞		
	中	堵塞	堵塞	堵塞	堵塞	堵塞		堵塞	堵塞				堵塞
	东	堵塞	堵塞		堵塞	堵塞	堵塞			堵塞	堵塞	堵塞	堵塞

半堵塞: 是指滴头仍然有出流现象, 但其出流量小于其它滴头。

: 该处为一接头, 缺少一处滴头。

从表 1 可以看出, 3 种类型的灌水器运行 8 年后均有不同程度的堵塞, 其中孔口滴头堵塞最为严重, 调查 36 个滴头中, 有 23 个滴头已完全堵塞, 挖出后基本不出流, 堵塞率达 63.89%; 其次是微管式滴头, 堵塞率为 1/4; 内镶式灌水器运行状况最好, 但也有不同程度的堵塞, 完全堵死的有 4 个, 另有 2 个出流明显减少, 堵塞率为 1/6。用手反复挤压灌水器附近的毛管后, 已堵塞的部分内镶式和微管式滴头的出流状况明显改善, 说明这些灌水器并未完全堵塞。

2) 堵塞滴头沿毛管分布

为研究滴头堵塞沿毛管分布状况, 将调查的每根毛管上的 12 个滴头按 4 个一组, 分成前、中、尾 3 个部分, 分别统计滴头在以上 3 个区域的堵塞情况, 统计结果见表 2。

表 2 地下滴灌灌水器堵塞沿毛管分布

Table 2 Distribution of the emitter clogging along lateral in SD I

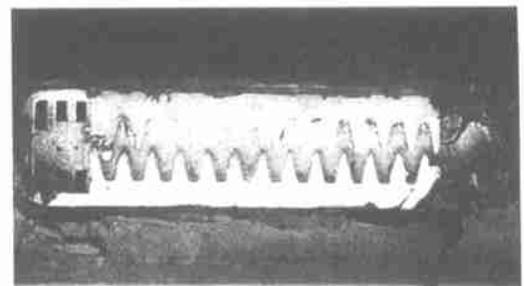
滴头类型	堵塞数				堵塞率/%			
	尾部	中部	前部	合计	尾部	中部	前部	合计
内镶式	4	2	0	6	66.67	33.33	0.00	16.67
微管	4	2	3	9	44.44	22.22	33.33	25.00
孔口滴头	10	8	6	23	43.48	34.78	26.09	63.89

分析表 2, 3 种类型灌水器的堵塞沿毛管分布不同, 其中内镶式滴灌带和孔口式滴头主要是毛管尾部的堵塞, 分别占同类灌水器堵塞的 66.67%、43.48%; 其次是中部, 在毛管前部无堵塞或堵塞率相对较低。而微管式灌水器的堵塞基本沿毛管平均分布。

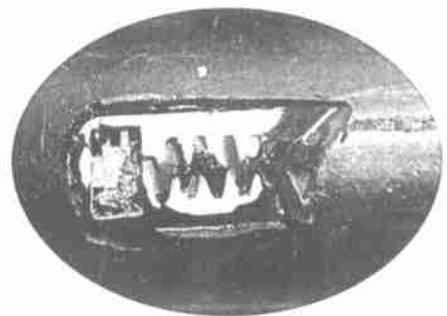
1.2 不同滴头的堵塞部位调查结果

1) 内镶式滴头

用小刀将封闭内镶式滴头的 PE 管切去, 露出滴头流道, 观察内镶式滴头堵塞部位。通过剖析, 图 2 为 2 个典型内镶式滴头堵塞情况。



a. 第一齿堵塞



b. 进水口堵塞

图 2 迷宫式滴头堵塞情形图

Fig 2 Clogging of labyrinth emitter

从图 2 中可以看出: 内镶式滴头的堵塞主要发生在进口处, 尤其是进口第一弯道处, 在调查的 4 个完全堵塞的滴头中, 细小粘粒形成的泥团在进口处第一弯道处形成的堵塞 3 个, 其中一个不仅第一齿弯道处堵塞, 且在流道进水口可见明显的泥团, 见图 2b, 该类堵塞占调

查滴头的 75%。另有一个堵塞发生在第 4 齿。2 个半堵塞均是出口处的堵塞, 用手反复挤压灌水器附近的毛管后, 滴灌出流明显提高。

2) 微管灌水器

由于微管式滴头的流道较长, 不易取得完整的剖面, 因而只对其进出口部分进行解剖。在解剖的 6 个滴头中, 有 3 个是在进口处有泥栓完全堵塞流道, 剖开对应滴头的毛管, 见微管在毛管壁上有明显的痕迹, 说明这些微管的进口与毛管壁紧贴, 该处水流存在死角, 进入系统的微粒易于附着, 进而发育成泥团, 堵塞在微管进口。2 个滴头的堵塞发生在微管由毛管交接处, 由于该处的微管受毛管的挤压, 流道明显变小。1 个是在出口处有块状泥土如图 3, 滴头并未完全堵塞。

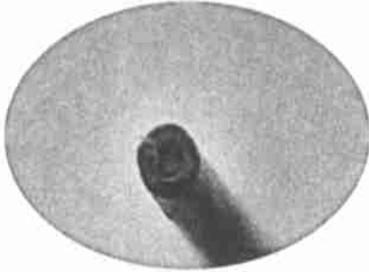
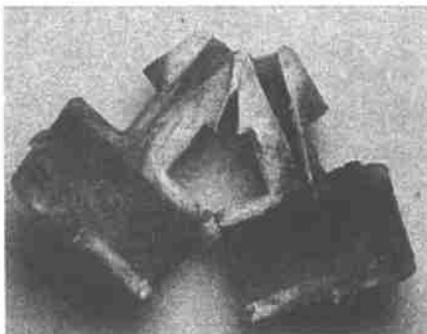


图 3 微管滴头出口堵塞

Fig 3 Clogging of micro pipe dripper



a. 完全堵塞



b. 正在发育的堵塞

图 4 孔口滴头堵塞

Fig 4 Clogging of orifice dripper

3) 孔口滴头

在调查的 3 个小区中, 孔口滴头的堵塞最为严重, 且均为完全堵塞。孔口滴头的堵塞全部是在进口处由泥土形成的栓柱引起的。这主要是由于孔口滴头是采用变流道进行消能, 流道最小断面不足 1 mm, 加之流道内壁光洁度不高, 这样进入流道细小颗粒极易附着在流道壁上, 形成栓柱核, 与进入滴头的其它微小颗粒结合, 发育成栓柱状的泥团, 完全将其出口堵塞。

3 地下滴灌堵塞的原因分析

在 8 年的试验中, 并未在系统任何化学药品, 但调查中并未发现有根系进入上述 3 种滴头内, 根系入侵问题并不显著。由于该地下滴灌系统采用开敞式稳压供水装置, 且供水压力不高 (6 m), 因而毛管中水流速度较小, 尚未见到由于负压吸泥引起的严重堵塞, 即使在滴头出口处的堵塞也多为半堵塞, 即滴头仍能出流, 但其流量与设计流量相比, 有不同程度的降低。

调查表明, 尽管该地下滴灌系统采用生活用自来水并在首部加上 120 目的网式过滤装置, 但由于水中仍有小微粒和细小毛状物 (自来水中的线状纤维), 通过过滤器进入滴灌系统, 图 5 是取出孔口式滴头堵塞物的放大图, 从图中明显可见细小毛状物。这些毛状物一旦附着在滴头流道内, 其与入系统的微小颗粒进一步发育长大, 最终将堵塞流道, 是形成堵塞的主要原因。

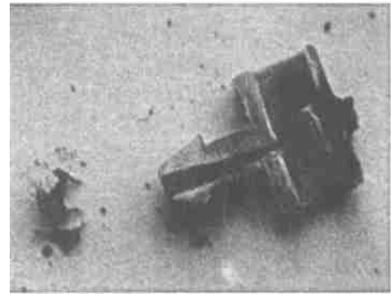


图 5 孔口式滴头堵塞物

Fig 5 Clogging of orifice dripper

由于滴头流道内壁光洁度不够, 这样进入流道细小颗粒极易附着在流道壁上, 形成栓柱核, 与进行滴头的其它微小颗粒结合, 发育成栓柱状的泥团, 完全将其出口堵塞, 也是引起滴头堵塞的一个主要原因。

分析 3 种类型的滴头的堵塞情况, 采用局部消能的孔口滴头堵塞最多, 长流道和逐级消能的迷宫式流道堵塞较少。由此可以看出: 利用局部水头损失的消能方式, 由于减小了滴头流道中的最小过流断面面积, 进入系统的微粒一旦附着在流道壁上, 极易在该处形成半堵塞, 进而发育成完全堵塞, 因而增加了滴头的堵塞机率。微管式长流道滴头的内壁较为光滑, 微粒不易附着, 其堵塞主要是由于微管安装不当引起的 (如微管入口贴壁、毛管挤压微管等)。迷宫流道滴头在其流道内部一般无堵塞现象, 其堵塞多因迷宫的齿形结构转弯处, 水流突变, 形成死角, 致使微粒在此沉积并发育。

此外, 水流在滴头流道流动过程中, 在流道尾部, 由于滴头的消能作用, 水流速度减小, 调查中发现, 一些微粒在滴头流道尾部的驻点沉积。虽然在此次调查中, 尚未有此类堵塞, 但部分滴头的过流断面已有所变小, 将是滴头堵塞的潜在隐患。

4 结论与建议

1) 运行 8 年的地下滴灌, 无论是孔口式滴头、微管

滴头, 还是迷宫式滴头, 均有较为严重的堵塞出现, 堵塞率分别达到 16.67%、25% 和 63.89%。引起以上堵塞的主要原因是进行系统的微粒(或细小毛状物)在滴头流道壁的吸附、沉积和发育。

2) 针对调查结果, 为防止地下滴灌的堵塞, 建议加强过滤, 有条件时尽可能采用砂过滤器, 减少微粒和细小毛状物进入滴灌系统。同时针对地下滴灌的堵塞多发生在毛管尾部, 最好在毛管尾部增设冲洗管, 并勤加冲洗, 定时冲洗将是缓解毛管尾部滴头堵塞的一个重要措施。

3) 从调查的堵塞滴头看, 绝大多数是进口处堵塞, 改造现有滴头流道的设计, 在采用分级消能的基础上, 扩大进口断面尺寸, 采用变流道进行消能; 变换流道齿角, 采用圆弧形或流线型流齿, 防止滴头流道内局部出现水流死角; 同时增加滴头流道的光洁度, 减少微粒及毛状物在滴头内附着的机率, 将是解决地下滴灌堵问题的根本措施。

此外, 针对近年来出现的地下滴灌专用滴头, 目前已铺设 2 年, 目前运行状况良好, 但由于时间较短, 相关试验仍在继续之中, 这些地下滴灌的专用灌水器能否完全解决其堵塞问题, 还有待验证。

致谢: 农田灌溉研究所彭贵芳研究员和中国水利水电科学研究院龚时宏研究员参加了该研究。

[参 考 文 献]

- [1] Phene C J. Maximizing Water—Use Efficiency with Sub-surface Drip Irrigation[J]. Irrigation Journal, 1993, (3).
- [2] 李光永. 世界微灌发展态势[J]. 节水灌溉, 2001, 106(2): 24 - 27.
- [3] 杨宝中, 曹猷界. 多孔渗灌管的防堵措施研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19(2): 69- 71.
- [4] Zoldoske D F, Genito S, Jorgensen G S. Subsurface drip irrigation (SDI) on turf grass: A university experience [A]. Proc 5th Int Micro irrigation Congress[C], 1995, 300- 302.
- [5] Ruskin R, Van Voris P, Cataldo D A. Root intrusion protection of buried drip irrigation devices with slow-release herbicides[A]. Proc 3rd Nat Irrigation Symp [C], 1990: 211- 216.
- [6] 钱蕴璧, 李英能, 杨刚, 等. 节水农业新技术研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002: 12.
- [7] Solomon K H, Jorgensen G. Subsurface drip irrigation [J]. Grounds Maintenance, 1992, 27(10): 24- 26.

Clogging of emitter in subsurface drip irrigation system

Wu Feng, Fan Yongshen, Li Hui, Guo Zhixing, Li Jinshan, Li Wangcheng

(Farm Irrigation Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Subsurface drip irrigation (SDI) is one of effective irrigation methods. But it is easy to clog. It is the key problem of the SDI system whether emitters are clogged. An investigation of emitter clogging was conducted in a SDI system, which had been running for 8 years. Clogging rates of Labyrinth emitter, minipipe and orifice reached 16.67%, 25% and 63.89%, respectively. These clogging were mainly caused by attached granule. Some suggestions were put forward as to solve this problem, such as enhancing filtration, flushing timely and improving the route of water in the emitter.

Key words: subsurface drip irrigation (SDI); clogging; suggestions against clogging