

节点式渗灌的节水机理及其水分生产力^{*}

黄毅, 张玉龙, 邹洪涛, 虞娜, 张玉玲

(沈阳农业大学 土地与环境学院, 沈阳 110161)

摘要: 为了展示节点式渗灌管的优良性能和较高的水分生产力, 对其做了出水性能检验和不同灌溉方法水分生产力的比较试验, 结果表明: 节点式渗灌管的灌水均匀度达到 90% 以上, 比普通渗灌管灌水均匀度提高了 15%, 其节水原理是将土壤通体湿润转化为作物根区灌溉; 铺设防渗层有效地阻止了灌溉水的下渗, 计划湿润层的变浅和单次灌水量的减少是节点式渗灌能够大量节水的根本所在, 节点式渗灌的水分生产力最高, 达到 70.37 kg/m^3 , 其次是普通渗灌 54.55 kg/m^3 , 再次为膜下滴灌 53.96 kg/m^3 , 最低为沟灌, 仅为 42.00 kg/m^3 。

关键词: 节点式渗灌; 性能; 水分生产力

中图分类号: S275.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0237-03

The Saving Water Mechanism of the Sectional Subirrigation and Its Water Productivity

HUANG Yi, ZHANG Yu-long, ZOU Hong-tao, YU Na, ZHANG Yu-ling

(The Land and Environment College of Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to lay out the excellent capability of the sectional subirrigation and its higher water productivity, the subirrigation quality was checked out. The water productivity by 4 irrigation ways were compared. The study results showed that the soil moisture uniformity exceeded 90% and get higher 15% than ordinary subirrigation. The principles of saving water is translating whole profile wetness into root irrigation. The water seep can be effectively held back by paving impervious barrier. The irrigation water can be saved by shallow plan humid layer and little quantity watering once in a while. Comparing the water productivity with 4 kind of irrigation ways, the best way is sectional subirrigation (70.37 kg/m^3), the second is ordinary subirrigation (54.55 kg/m^3), the third is dripping irrigation under film (53.96 kg/m^3) and the worst one is furrow irrigation (42.00 kg/m^3).

Key words: sectional subirrigation; capability; water productivity

为了科学合理的灌溉, 达到节水、高产的目的, 人们发明了许多灌溉装置, 如喷灌、滴灌、微喷滴灌和渗灌等, 这些灌溉装置在实际应用过程中均有一定的局限性。如喷灌会引起地表板结, 滴灌会引起盐分的表聚, 滴头易堵塞等缺点, 难以推广应用。普通发汗式渗灌管是整条管道布满了毛细孔隙。通水以后整条管道都往外渗水, 这样会导致大量水分的损失。针对上述问题, 在发汗式渗灌管的基础上研究了节点式渗灌技术^[1], 它是在低压条件下, 通过埋于作物根系活动层的微孔渗灌管, 根据作物的需水规律定时定量地向作物根区供水。出水微孔间距与

蔬菜作物的株距相适应, 灌溉水直接作用在作物根区, 使传统的土体灌溉转化为作物根区灌溉, 从而拓展了保护地水分管理的节水空间, 使蔬菜保护地土壤水分调控达到更高的境界。

1 节点式渗灌管的构造特点

节点式渗灌管以黑色、外径 18 mm, 内径 16 mmPE 管为原材料, 在拔制 PE 管的生产流水线上安装打孔装置, 它由脉冲器和一组(五个)锥形打孔针组成, 通过控制脉冲器的运动频率, 即可拔制出不同孔距的节点式渗灌管, 锥形打孔针打出的孔具有内大外

* 收稿日期: 2009-12-03

基金项目: 辽宁省“农业节水关键技术集成与示范”重大项目(2008212003)

作者简介: 黄毅(1956-), 男, 辽宁朝阳人, 研究员, 主要从事水资源与农业节水研究。emhuangyi@163.com

小,利于从内向外单向出水而不至于回水混入泥浆引起堵塞的特殊功能,打孔针的数量、间距等打孔参数可因作物种类和栽培要求任意调节(图 1)。

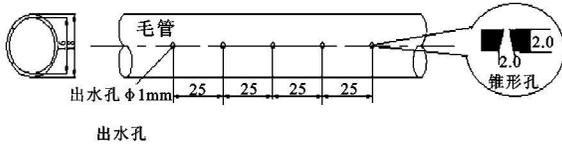


图 1 节点式 PE 渗灌管平面图

2 节点式渗灌管的出水性能

灌水均匀程度是指灌溉水转化为土壤水分后在空间分布的均匀程度,是衡量灌水质量的重要指标之一。一般而言,灌水均匀程度越高,灌水质量越好,节水增产效益就越突出。渗灌灌水的均匀度是由渗灌管的出水均匀程度决定的。提高灌溉均匀度是提高节水效率的重要途径^[2-3]。

将节点式渗灌管埋于耕型草甸土的大棚土壤

表 1 恒定水头下节点式渗灌管出水点处土壤含水量及灌水均匀度

编号	出水点处 / %										灌水均匀度 / %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	0.209	0.274	0.285	0.299	0.311	0.347	0.345	0.324	0.343	0.353	92.26
B	0.363	0.344	0.349	0.349	0.338	0.353	0.369	0.342	0.375	0.364	90.36
C	0.362	0.360	0.363	0.360	0.338	0.358	0.330	0.350	0.325	0.307	91.53
D	0.331	0.345	0.343	0.353	0.364	0.338	0.350	0.337	0.315	0.325	94.39

田间灌水均匀度测试结果表明,节点式渗灌管灌水均匀度平均值达到 90% 以上,比普通渗灌管灌水均匀度提高了 15%。

3 节点式渗灌的节水机制

将 30 cm 土层 6~40 kPa 土壤吸力作为灌溉控制的土壤水分上、下限指标,按 50 cm 土层厚度设计计划湿润层、确定灌水量进行灌溉,渗灌管埋深 30 cm、管下铺防渗层处理^[4],可以为作物创造适宜的土壤水分条件,表层土壤干燥,通气性适中,温度状况良好,有利于茄果类蔬菜根系对水分和养分的吸收,促进植株生长发育,有利于有机物质的形成和干物质的积累,果实产量高,品质好;不仅灌溉水的效率高,而且灌水次数少,减轻了劳动力。因此,渗灌管埋深 30 cm 并设防渗层这项技术参数应是保护地渗灌优先选择的;渗灌管埋深 20 cm 的有防渗层处理,对根系较浅的蔬菜作物(如黄瓜、豆角之类)较为适宜;渗灌管埋深 40 cm、下设防渗槽处理虽然也能获得较高的产量,但灌水量大,水分利用率也不高,并且埋渗灌管埋设工程量大,因而在保护地蔬菜生产中不宜采用;埋深 30 cm 的无防渗槽处理虽然效

中,深 30 cm,管的一端与供水管路连接,另一端封闭。将渗灌管拉直固定在预先挖好的种植沟内,30 cm 以下用塑料铺设防渗层,并且保证渗灌管的出水孔朝向上方,同时标记好每一个出水孔的位置。

本试验在恒定水头压力(1.5 m)条件下,测量每一出水点处的土壤含水量,利用克里斯琴森公式计算渗灌管的出水均匀度。本试验共做两组,每组四根管,每根管设有 10 个出水点,灌相同的水量后平衡 1 小时,表层土壤含水量见表 1。根据克里斯琴森公式计算在节点式渗灌条件下灌水均匀度,结果也列于表 1。

$$C_u = (1 - \frac{\Delta \bar{\theta}_i}{\bar{\theta}_v}) \times 100 = (1 - \frac{\sum_{i=1}^N |\theta_i - \bar{\theta}|}{N \bar{\theta}_v}) \times 100$$

$$\bar{\theta}_v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_i$$

式中: θ_i —— 每个测点的体积含水量; $\bar{\theta}$ —— 有测点的平均体积含水量; N —— 测点总数; C_u —— 灌水均匀度。

果比有防渗槽的渗灌要差,但其产量和水分利用率较高,且减少了防渗槽的投资,因而可依据土体构型和根区的土壤质地因地制宜地加以使用。

在番茄上的试验结果表明,番茄产品的水分生产率 17~34 kg/m³,而节点式渗灌处理的水分利用率远远大于这个范围,说明保护地节点式渗灌技术确有增产、节水的优势,因而,在条件许可的情况下,应大力推广应用;若选用 30 cm 左右的渗灌管埋深,上敷过滤保护层,下垫防渗层技术措施可以收到更好的水分调控效果。

4 节点式渗灌的水分生产力

为了验证节点式渗灌的水分生产力,在沈阳农业大学科研基地日光温室内进行了 4 种灌溉方法的比较。土壤为草甸土,土壤质地和养分比较均匀,试验处理设普通渗灌、节点式渗灌、滴灌、沟灌 4 种灌水方法,小区面积为 12.15 m²。为防止水分相互渗透,在小区之间埋入 70 cm 深的塑料薄膜相隔。普通渗灌试验所用渗灌管为河南济源塑料厂生产的废橡胶加工而成的发汗式半软管;渗灌管埋深 30 cm,其下铺设防渗层。

图2是以不同灌溉方法灌溉番茄产量的测定结果。从中可以看出,不同灌溉方法间番茄产量差异明显,其中渗灌和节点渗灌的番茄产量较高,沟灌的产量最低。各处理的生育期用水量(灌溉定额)和番茄水分生产率计算结果列于表2;从表2可见沟灌的用水量远远高于滴灌、普通渗灌和节点渗灌,分别是滴灌的1.81倍、普通渗灌的1.76倍和节点渗灌的2.26倍;滴灌、普通渗灌和节点渗灌的水分生产效率分别比沟灌提高了1.05倍、1.06倍和1.58倍。因此,普通渗灌、节点渗灌和滴灌效果均好于沟灌,其中以节点渗灌效果最佳。

类似土壤与栽培条件下的技术示范结果(表3)表明:节点渗灌条件下,铺设防渗层有效地阻止了灌溉水的下渗,使剖面的土壤水分自下向上运动,水分直接供应作物根部,这样大大减少了计划湿润层的厚度,使单次灌水量由沟灌的 $184.25\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 降低到 $63.56\text{ m}^3/\text{hm}^2$,计划湿润层的变浅和单次灌水量

的减少是节点式渗灌能够大量节水的根本所在,但这种模式在蔬菜作物的生长旺期需要增加灌水次数,形成少灌勤灌的灌水模式。

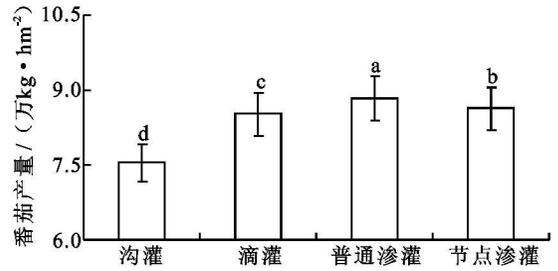


图2 不同灌溉方法对番茄产量的影响

表2 不同灌水方法水分利用效率比较

处理	灌水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	水分生产效率/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
沟灌	3093.60	24.40
滴灌	1706.25	49.94
普通渗灌	1756.05	50.33
节点渗灌	1371.15	62.99

表3 不同灌水处理灌溉效果比较

灌溉方法	产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	灌溉定额/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	平均一次灌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	灌水次数	水分利用效率/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
沟灌	61907.48	1473.99	184.25	8	42.00
滴灌	63763.38	1181.66	73.85	16	53.96
普通渗灌	63723.20	1168.08	73.00	16	54.55
节点渗灌	62623.89	889.91	63.56	14	70.37

从表3的结果可以看出,采用节点式渗灌小区灌溉定额只有 $889.91\text{ m}^3/\text{hm}^2$,而沟灌已经达到了 $1473.99\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。从各小区的水分生产力来看,节点渗灌的水分生产力最高,达到了 $70.37\text{ kg}/\text{m}^3$,沟灌的最低,为 $42.00\text{ kg}/\text{m}^3$,膜下滴灌和普通渗灌的居中,分别为 $53.96\text{ kg}/\text{m}^3$ 和 $54.55\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

5 结论

(1) 节点式渗灌管的出水微孔间距与蔬菜作物的株距相适应,锥形孔具有内大外小,单向出水、超强抗堵塞的特殊功能。

(2) 节点式渗灌管具有出水速度快,所需压力小、均匀度高等特点,其灌水均匀度平均值达到90%以上,比普通渗灌管灌水均匀度提高了15%。

(3) 节点式灌溉的剖面土壤水分分布及其运动与茄果类作物的根系分布及其伸展空间相一致,灌溉水直接作用在作物根区,使传统的土体灌溉转化为作物根区灌溉,从而拓展了保护地水分管理的节水空间。

(4) 节点式渗灌条件下,铺设防渗层有效地阻止了灌溉水的下渗,计划湿润层的变浅和单次灌水量的减少是节点式渗灌能够大量节水的根本所在。

(5) 不同灌溉方法的水分生产力比较结果显示,节点式渗灌最高,达到 $70.37\text{ kg}/\text{m}^3$,其次是普通渗灌 $54.55\text{ kg}/\text{m}^3$,再次为膜下滴灌 $53.96\text{ kg}/\text{m}^3$,最低为沟灌,仅为 $42.00\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

参考文献:

- [1] 邹洪涛,虞娜,黄毅,等. 节点式PE渗灌管灌水效果的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(5): 104-106.
- [2] 郭维东,张玉龙,黄毅. 机械打孔节点渗灌管出水特性试验[J]. 排灌机械, 2004, 22(1): 35-37.
- [3] 胡笑涛,康绍忠,马孝义. 地下滴灌灌水均匀度研究现状及展望[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 113-117.
- [4] 诸葛玉平,张玉龙,张旭东,等. 塑料大棚渗灌灌水下限对番茄生长和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 767-771.
- [5] 郭维东,黄毅,郑金华,等. 温室内节点渗灌条件下土壤水分运动规律的试验研究[J]. 节水灌溉, 2003(6): 1-3.