

# 干旱区戈壁地滴灌葡萄园土壤水分时空变化研究

李 铭<sup>1</sup>, 张建新<sup>2</sup>, 郭绍杰<sup>1</sup>, 苏学德<sup>1</sup>, 吴 鹏<sup>1</sup>, 郑强卿<sup>1</sup>

(1. 新疆农垦科学院 林园研究所, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院 土壤肥料与农田水利研究所, 新疆 石河子 832000)

**摘 要:**以克瑞森无核葡萄为试材,研究了相同滴头流量不同滴灌时间下干旱区戈壁地滴灌葡萄园土壤水分时空变化,以有效的提高葡萄产量和土壤水分利用率。结果表明:不同滴水时间条件下,6 h 和 8 h 更加合理,湿润峰垂直方向为 10~50 cm 之间,水分含量的分布梯度差异不明显;水平方向水分主要分布在 0~30 cm 之间,有利于根系对水分的合理高效利用以及葡萄根系的生长,可提高肥料的利用率,为水肥耦合模型建立创造了条件。然而在停水后土壤的相对湿度与水势之间没有明显的相关性。

**关键词:**干旱区;滴灌;葡萄园;土壤水分

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)04-0017-04

滴灌技术作为一种水分高效利用技术已在干旱区得到广泛应用,尤其在开发利用戈壁荒滩发展特色林果业中发挥着举足轻重的作用,对节约用水,缓解新疆水资源日益短缺的矛盾,改善葡萄园土壤水、热、气、肥条件,提高葡萄产量与品质,降低劳动强度等方面有着十分重要的影响。

与常规灌溉不同的是滴灌属于局部灌溉,其湿润范围小,湿润深度浅,在土壤湿润体的范围内,作物根系主要从湿润体内吸取水分,同时根系分布形状又受湿润体形状的影响<sup>[1]</sup>。近年来,伴随膜下滴灌技术在棉花生产上的成熟运用,滴灌技术在葡萄生产上亦有相关研究报道<sup>[2-3]</sup>,但就滴灌对于干旱戈壁地葡萄园土壤水分变化方面的研究还较少。现针对干旱区戈壁地这一特殊困难立地条件,开展滴灌条件下戈壁地土壤水分时空变化情况研究,对制订合理的灌溉制度、开展水分亏缺管理、限根栽培、建立滴灌条件下优质高效绿色葡萄生产技术体系提供一定的理论依据和技术支撑作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2009 年在 223 团园八连 7-5 号地(N42°18'46.5", E86°32'34.3")进行,试验区位于新疆生产建设兵团农二师 223 团(新疆天山南麓焉耆盆地西北部和静县哈木呼提镇),地处新疆天山南麓洪积冲积向阳坡上,属中温带大陆性干燥气候,年平均气温 8.7℃,极端最高气温 37.2℃,极端最低气温 -30.0℃,平均≥10℃积温 3 590.4℃,年平均日照为 3 060.0 h,年平均蒸发量为

2 302.5 mm,年平均降水量 50.6 mm,相对湿度 51.0%,无霜期 197 d,年大风次数 41.6 次。土壤为典型的荒漠石砾沙土,肥力贫瘠,田间最大持水量为 25.68%,土壤容重为 1.527 g/cm<sup>3</sup>。

### 1.2 试验设计

选择树势一致的 5 a 生克瑞森无核葡萄(*Crimson Seedle*)为试材,小棚架栽培,栽植密度 0.5 m×3.0 m。试验地整体管理水平较好,易于安装滴灌系统,距离根系 40 cm 铺设 1 条滴灌管进行部分灌溉,内镶式滴灌管,毛管直径 16 mm,滴头流量 2.2 L/h,滴头间距 50 cm,压力达 1.2~1.5 Pa。每个灌水处理中的毛管安装了水表和压力表,系统工作压力为 0.1 MPa。

选择正常滴灌和滴头工作达标情况下,在滴头滴水 4、6、8 和 12 h,分别沿滴头水平方向、垂直方向对 10、20、30、40 cm 等不同土壤层次的水分进行测定。同时在滴头滴水 8 h 后停水,选择滴头垂直方向,土壤深度为 15、45、60、90 cm 处,按间隔 2 h,分别测定记录滴水时、停水后土壤湿度和土壤水势变化情况。

水分测定采用烘干法、TDR 法、张力计法和自动水分记录法。自动水分记录采用美国产的 AR5 数据记录器,土壤水分传感器为美国产 EC5。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同滴水时间湿润峰的特点

在滴水 4 h 后,滴头下湿润峰特点:0 cm 处垂直方向不同深度的体积含水量有明显的变化,20 cm 处最高为 17.1%,40 cm 处最低为 11.1%;滴头水平方向 10 cm 处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,30 cm 处最高为 15.7%,40 cm 处最低为 10.8%;滴头水平方向 20 cm 处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显变化,10 cm 处最高为 16.5%,40 cm 处最低为 7.9%;滴头水平方向 30 cm 处沿垂直方向不同深度的体

**第一作者简介:**李铭(1965-),男,本科,副研究员,主要研究方向为果树栽培与生理生态研究。E-mail:lm0993@163.com。

**基金项目:**新疆生产建设兵团科技攻关资助项目(2009GG23)。

**收稿日期:**2010-12-06

积含水量也有明显的变化,40 cm处最高为5.4%,10 cm处最低为1.0%。

另外,对滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向10 cm处体积含水量比较,得出水平方向20 cm处的体积含水量最高为16.5%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为1.0%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向20 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为17.1%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为2.3%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向30 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为16.6%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为5.1%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向40 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为11.1%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为5.4%(图1)。

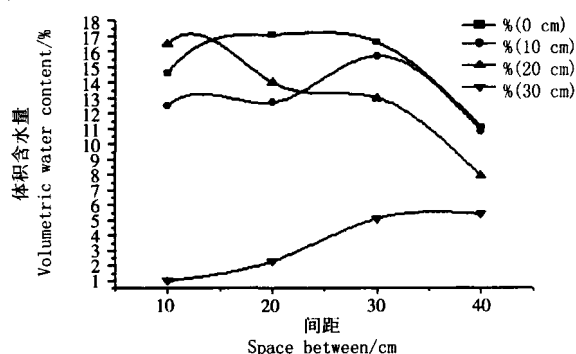


图1 滴水4 h后湿润峰特点

Fig. 1 Characteristic of the wetting front after water dripping four hour

在滴水6 h后,滴头下湿润峰特点为:0 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量有明显的变化,10 cm处最高为21.6%,30 cm处最低为13.9%;滴头水平方向10 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,30 cm处最高为15.2%,20 cm处最低为11.0%;滴头水平方向20 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,40 cm处最高为11.4%,20 cm处最低为5.5%;滴头水平方向30 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,30 cm处最高为4.5%,40 cm处最低为0.8%。

另外,对滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向10 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为21.6%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为2.6%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向20 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为16.3%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为3.3%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向30 cm处体积含水量比较,得出水平方向10 cm处的体积含水量最高为15.2%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为4.5%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向40 cm处体积含水量

比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为14.2%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为0.8%(图2)。

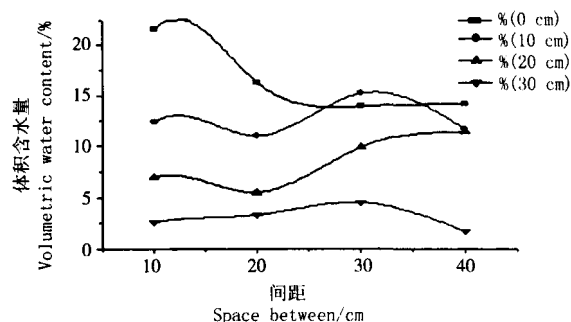


图2 滴水6 h后湿润峰特点

Fig. 2 Characteristic of the wetting front after water dripping six hour

在滴水8 h后,滴头下湿润峰特点为:0 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量有明显的变化,10 cm处最高为23.0%,30 cm处最低为13.1%;滴头水平方向10 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,10 cm处最高为22.3%,20 cm处最低为15.7%;滴头水平方向20 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,10 cm处最高为15.2%,30 cm处最低为9.3%;滴头水平方向30 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,20 cm处最高为16.2%,30 cm处最低为7.4%。

另外,对滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向10 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为23.0%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为10.2%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向20 cm处体积含水量比较,得出水平方向30 cm处的体积含水量最高为16.2%,水平方向20 cm处的体积含水量最低为10.2%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向30 cm处体积含水量比较,得出水平方向10 cm处的体积含水量最高为17.7%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为7.4%;在滴头水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向40 cm处体积含水量比较,得出水平方向10 cm处的体积含水量最高为20.2%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为9.6%(图3)。

在滴水12 h后,滴头下湿润峰特点为:0 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量有明显变化,深度在10 cm处的体积含水量最高为19.5%,深度在40 cm处的体积含水量最低为3.7%;滴头水平方向10 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,深度在10 cm处的体积含水量最高为18.4%,深度在40 cm处的体积含水量最低为10.3%;滴头水平方向20 cm处沿垂直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,深度在40 cm处的体积含水量最高为7.9%,深度在10 cm处的体积含水量最低为6.3%;滴头水平方向30 cm处沿垂

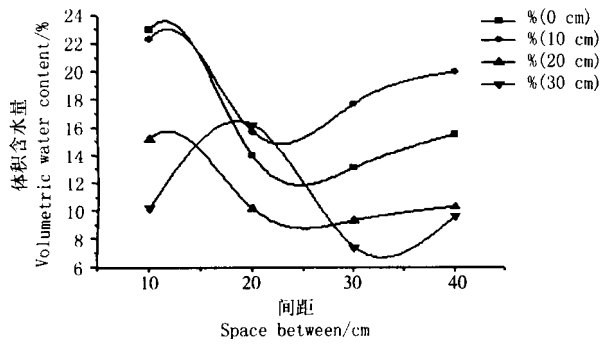


图3 滴水8 h后湿润峰特点

Fig. 3 Characteristic of the wetting front after water dripping eight hour

直方向不同深度的体积含水量也有明显的变化,深度在20 cm处的体积含水量最高为3.5%,深度在40 cm处的体积含水量最低为1.6%。

另外,对滴水水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向10 cm处体积含水量比较,得出水平方向0 cm处的体积含水量最高为19.5%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为1.7%;在滴水水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向20 cm处体积含水量比较,得出水平方向20 cm处的体积含水量最高为13.4%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为3.5%;在滴水水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向30 cm处体积含水量比较,得出水平方向10 cm处的体积含水量最高为11.1%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为3.1%;在滴水水平方向0、10、20和30 cm处沿垂直方向40 cm处体积含水量比较,得出水平方向10 cm处的体积含水量最高为10.3%,水平方向30 cm处的体积含水量最低为1.6%(图4)。

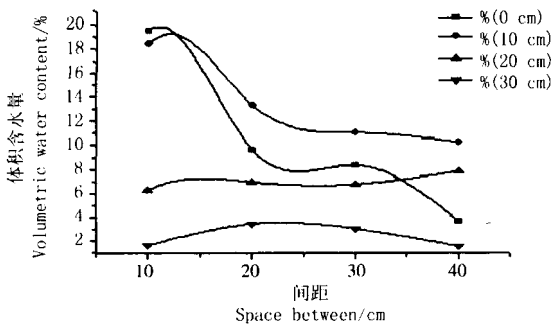


图4 滴水12 h后湿润峰特点

Fig. 4 Characteristic of the wetting front after water dripping twelve hour

## 2.2 土壤不同深度相对湿度及水势变化的特点

于7月27日8时开始滴水,进行土壤不同深度的相对湿度与不同时间条件下的试验研究,结果表明,深度为15 cm处开始的相对湿度最高为60.43%,最低时间是27日16时为56.26%;深度为45 cm处相对湿度最高为61.5%时间为27日10时,最低时间是27日20时为58.31%;深度为60 cm处相对湿度最高为27日14时为59.42%,最低时间是27日20时为56.49%;深度为90 cm处相对湿度最高为30日12时为62.04%,最低时

间是27日20时为60.43%。

另外,在相同时间条件下,对不同深度的15、45、60和90 cm处的相对湿度情况比较,在30日14时,深度为90 cm处相对湿度最高为62.04%,在27日20时,深度为45、60和90 cm处的相对湿度最低分别为58.31%、56.49%和60.43%。同时深度为90 cm处的相对湿度变幅较小,深度为15 cm处的相对湿度变幅最大(图5)。

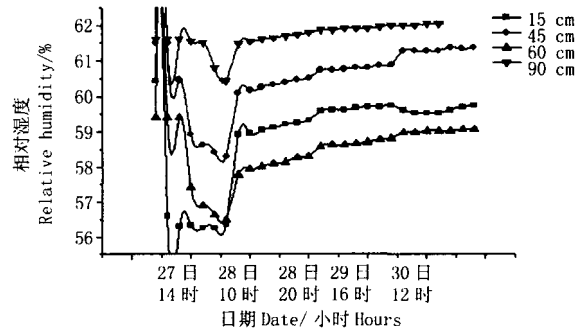


图5 土壤不同深度的相对湿度与时间的相关性

Fig. 5 Relativity between relative humidity and time in different deepness soil

在7月27日8时开始滴水,进行土壤不同深度的土壤水势与不同时间条件下的试验研究,深度为15 cm处开始的土壤水势最高为19.5 KPa,最低时间是30日8时为9 KPa;深度为45 cm处土壤水势最高为15 KPa,时间为27日8时,最低时间是28日8时9 KPa;深度为60 cm处土壤水势最高为27日10时,为13.5 KPa,最低时间是28日8时7 KPa;深度为90 cm处土壤水势最高为27日16时28 KPa,最低时间是28日8时17.5 KPa。

另外,在相同时间条件下,对不同深度的15、45、60和90 cm处的土壤水势情况比较,在27日14时,深度为90 cm处土壤水势最高为28 KPa,在28日8时,深度为45、60和90 cm处的土壤水势最低分别为9、7和17.5 KPa。同时深度为45 cm处和60 cm处的土壤水势变幅较小,深度为15 cm处和90 cm处的土壤水势变幅最大(图6)。

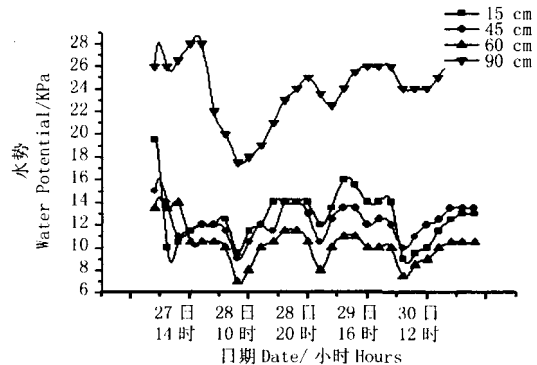


图6 不同土壤深度的水势与时间的相关性

Fig. 6 Relativity between water potential and time in different deepness soil

### 3 结论与讨论

滴灌是局部灌溉,土壤湿润体的大小决定作物地上部分和地下部分的生长状况<sup>[4]</sup>,土壤湿润体形状不仅受灌水量、滴头流量的限制,也受滴水时间的限制<sup>[5]</sup>。该试验结果表明,在灌水量和滴头流量一定的情况下,滴水时间越短,土壤的下渗速率越快。在滴水 4 h 时,土壤含水量整体偏低,最大值为 17.1%,出现在滴头垂直方向上 20 cm 处,同时水平方向上湿润体的位置不稳定,由于干旱戈壁地在无覆膜条件下,地表各处土壤水分的蒸发量较大,这与张江辉等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。随着滴水时间的延长,土壤含水量逐渐增大,最大值出现在滴头正下方 10 cm 处,水平方向上湿润体位置相对稳定,在滴水 6 h 时,湿润体集中在 30~40 cm 处,在滴水 8 h 时,湿润体集中在 10~20 cm 处,虽然含水量的最大值逐渐上移,但是在距滴头(水源)30 cm 处垂直方向上的土壤含水量的整体较高,因此有益于葡萄根系对水分的吸收作用。当滴水时间为 12 h 时,湿润体同样集中在 10~20 cm 处,但垂直方向上的土壤的含水量整体较低,不利于葡萄根系的吸收。另外随着滴水时间的延长,水平方向上土壤含水量逐渐降低且湿润峰的运移速率减低,这与刘雪芹<sup>[7]</sup>和王虎<sup>[8]</sup>等的研究结果一致。

在滴灌过程中,由于稳定的水源供给,所以湿润体内的土壤含水量普遍较高。当滴灌停止后,土壤水分在自身重力、吸引力梯度的作用下会继续向外扩散运动,也就是土壤水分的再分布<sup>[9]</sup>。由图 5 可知,当滴水停止 20 h 内,土壤湿度的变化最明显,尤其在深度 15 cm 处变化幅度最大,随土壤深度加深,相对湿度的变幅逐渐减少。由于灌水停止时滴头供水处和湿润峰边缘土水势差较大,土壤水分仍以入渗时的水分通量向四周扩散,随后随着滴头供水处含水量的降低和土壤湿润范围的扩大,吸力梯度和非饱和导水率(随基质势的减少而

减少)随之降低,土壤水分运动速率随时间而减少,相对湿度变化逐渐趋于稳定。同样滴水停止后水势在 15 cm 和 90 cm 处的变化最为显著(图 6 所示),但在停水后土壤相对湿度与水势之间没有明显的相关性,由于试验进行 1 a,有关数据和分析有待进一步深入研究,为滴灌葡萄适时灌溉和水肥科学合理利用提供技术支撑。

综上所述,通过对干旱戈壁地滴灌葡萄园土壤水分的研究,结果表明,不同滴水时间条件下,6 h 和 8 h 更加合理,水分主要分布垂直方向为 10~50 cm,水分含量的分布梯度差异不明显;水平方向水分主要分布在 0~30 cm 之间;因此在滴水 6~8 h 时间中,水分分布和含量有利于根系对水分的合理高效利用,有利于葡萄根系的生长,可提高肥料的利用率,为水肥耦合模型建立创造了条件。

### 参考文献

- [1] 孙海燕,王全九.滴灌湿润体交汇情况下土壤水分运移特征的研究[J].水土保持学报,2007,21(2):115-118.
- [2] 杜太生,康绍忠,张霁,等.不同沟灌模式对沙漠绿洲区葡萄生长和水分利用的效应[J].应用生态学报,2006,17(5):805-810.
- [3] 杜太生,康绍忠,闰博远,等.干旱荒漠绿洲区葡萄根系分区交替灌溉试验研究[J].农业工程学报,2007,23(11):52-58.
- [4] Nakayama F, Buck D. Trickle irrigation for crop production-design, operation and management[J]. Elsevier Science Publishers, B. V., 1986, 19, 68, 108.
- [5] Singh Lubana p, Narda N. Modelling soil water dynamics under trickle emitters-a review[J]. J Agric Engng Res, 2001, 78(3):217-232.
- [6] 张江辉,王全九,巨龙.大田滴灌条件下葡萄生育期土壤水盐的平均分布特征[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(9):83-88.
- [7] 刘雪芹,范兴科,马甜.滴灌条件下砂壤土水分运动规律研究[J].灌溉排水学报,2006,25(3):56-59.
- [8] 王虎,王旭东.滴灌施肥条件下土壤水分和速效磷的分布规律[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(5):142-146.
- [9] 刘雪芹,范兴科.滴灌条件下土壤水分再分布过程研究[J].干旱地区农业研究,2006,27(4):42-45.

## Study on Space-time Change Soil Water of Grapery Under Drip Irrigation in Arid Desert Gobi Area

LI Ming<sup>1</sup>, ZHANG Jian-xin<sup>2</sup>, GUO Shao-jie<sup>1</sup>, SU Xue-de<sup>1</sup>, WU Peng<sup>1</sup>, ZHENG Qiang-qing<sup>1</sup>

(1. Institute of Gardens, Xinjiang Academy of Land and Reclamation Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000; 2. Institute of Soil Fertilizer and Farmland Water Conservancy, Xinjiang Academy of Land and Reclamation Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000)

**Abstract:** Crimson seedles were used to study on space-time change soil water of grapery under drip irrigation in arid desert Gobi area with sameness emitter and different drip irrigation time, so as to improve output of grape and efficiency of soil water application. The results showed that it was a more reasonable drip irrigation time with six hour and eight hour. It was 10~50 cm on vertical direction distance about wetting front and it was indistinctive about distribution gradient of water capacity. Simultaneity, it was 0~30 cm on vertical direction distance in favor of water reasonable efficient application of radiation descending axis and growth of grape root, and also it could improve utilization ratio of fertilizer in order to create conditions for Coupled model of water and fertilizer. However, it was indistinctive relativity between soil relative humidity and water potential after cutting off the water supply.

**Key words:** arid desert area; drip irrigation; grapery; soil water