

# 根灌和滴灌对三种典型荒漠植物生长的影响

李得禄, 严子柱, 姜生秀, 张芝萍, 王多泽, 李昌龙, 唐卫东

(甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站/甘肃省治沙研究所, 甘肃 武威 733000)

**摘 要:**根灌是一种能将水直接灌到植物根部的高效节水农业新技术,具有抗旱、保水的功能。利用根灌和滴灌对人工栽植于退耕地上的柽柳、沙枣、柠条锦鸡儿进行了灌溉试验,通过研究不同灌溉方式下植物生长量和土壤含水率及其变化规律,探讨了两种灌溉方式对土壤水分的补给和保持作用以及对植物生长的促进作用。结果表明:(1)根灌和滴灌对土壤水分补给的范围和深度不一致,滴灌主要集中在土壤表面,而根灌主要集中在 20 cm 以下区域,而且与灌水时间和灌水量密切相关。(2)根灌能够更好地保存土壤水分,而滴灌表层土壤水分散失较快。(3)根灌灌溉的三种植物生长量均大于滴灌灌溉的,根灌能够更好地促进植物生长,是三种典型沙生植物理想的灌溉方式。

**关键词:**沙生植物;滴灌;根灌;生长量;土壤水分

中图分类号:S728.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)05-0371-04

## Effects of Root Irrigation and Drip Irrigation on the Growth of Three Typical Desert Plants

LI Delu, YAN Zizhu, JIANG Shengxiu, ZHANG Zhiping, WANG Duoze, LI Changlong, TANG Weidong  
(Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem/Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

**Abstract:**Root irrigation is a kind of new technology, which is able to deliver water directly to the roots of plants, and has the function of drought resistance and water retention. Using the root irrigation and drip irrigation experiment of *Tamarix ramosissima*, *Elaeagnus angustifolia*, *Caragana korshinskii* planted on abandoned lands was carried out. By measuring the change of soil moisture content and plant growth index under different irrigation methods, the supplies and maintaining action of two irrigation ways on soil moisture and positive impact on plant growth were examined. The results show that: (1) the range and depth of soil water supply are not consistent with the root irrigation and drip irrigation, the water mainly concentrated on the soil surface under the drip irrigation, while the water mainly concentrated below the 20 cm layer under the root irrigation, which is closely related with the irrigation time and irrigation amount; (2) root irrigation can keep the soil moisture better, while the surface soil water under drip irrigation can lost easily; (3) the growth of three species under root irrigation are greater than that under the drip irrigation, and root irrigation can better promote plant growth. Root irrigation is the ideal irrigation method on the three typical desert plants.

**Keywords:**desert plant; drip irrigation; root irrigation; growth; soil water

在干旱区,由水资源过度开发利用而引起的生态环境问题十分普遍,水危机和生态环境恶化引起的社会经济可持续发展问题,已成为全世界普遍关注的热点<sup>[1]</sup>。我国的干旱区主要包括新疆、甘肃河西走廊及内蒙古贺兰山以西地区,地表水和地下水分别占全国的 3.3%和 5.5%,而土地面积约占全国的 24.5%<sup>[2]</sup>。西北干旱

区面积约 250 万 km<sup>2</sup>,平均年降水量 230 mm,蒸发能力为降水量的 8~10 倍;水资源总量约 1 979 亿 m<sup>3</sup>,占全国的 5.84%<sup>[3]</sup>。西北干旱区水资源短缺及其在时空分布的高度异质性决定了其生态系统的脆弱性。近年来随着人口的增加,人们对水资源不合理的开发利用和过度超采,导致地下水位持续下降,荒漠植被

收稿日期:2016-08-29

修回日期:2016-09-26

资助项目:甘肃省科技支甘项目“民勤沙区根灌节水技术与示范”(1304JKCA170);甘肃省创新群体项目(145RJIA335);甘肃省自然科学基金项目(1308RJYA081);甘肃省青年基金项目(145RJYA270)

第一作者:李得禄(1977—),男,甘肃民乐人,硕士,副研究员,主要从事荒漠植物及荒漠化防治研究。E-mail:lidlu2008@163.com

通信作者:王多泽(1970—),男(蒙古族),甘肃民勤人,硕士,工程师,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:wangduoze@126.com

因土壤水分亏缺出现了不同程度的衰败,风沙四起,生态环境进一步恶化。干旱区水资源开发过程中的生态与经济问题日益尖锐,因此在现有水资源的条件下,如何提高水资源利用率成为干旱荒漠区生态环境建设与农业发展的关键所在。

由于干旱荒漠区特殊的水资源环境条件,节水灌溉始终是干旱荒漠区永恒的主题。在农林业上应用较多的有滴灌(包括膜下滴灌)、喷灌、微喷灌、渗灌<sup>[4-9]</sup>,而且这些技术已经十分成熟,被广泛应用于农林生产实践中。近年来发明并开始推广应用的有根灌节水技术。根灌技术吸取滴灌脉冲式灌溉的优点,而缩短水分自地表向根系入渗的路径,直接灌溉植物根系所在土壤层,使灌溉区域表层土壤起到覆盖物的效果<sup>[10-13]</sup>。根灌技术直接把水分输送到一定深度的植物根系土壤层,可以减少土壤表面水分蒸发损失,提高水资源利用效率,是一项新的节水灌溉技术。本文利用根灌和滴灌对人工栽植于退耕地上的怪柳(*Tamarix ramosissima*)、沙枣(*Elaeagnus angustifoli*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)进行了灌溉试验,通过测定不同灌溉方式下的土壤含水率变化规律和植物生长量指标,旨在探讨滴灌和根灌对典型荒漠植物生长的影响,为干旱荒漠区退化植被的恢复选择适宜的灌溉方式提供参考依据。

## 1 研究区概况

试验地设在甘肃民勤沙生植物园,地理位置为103°51'E,38°38'N,海拔1 378 m。该区域属于典型的温带大陆性荒漠气候。冬季寒冷,夏季酷热,昼夜温差大,年平均气温7.6℃,极端低温-30.8℃,极端高温40.0℃,无霜期175 d;降雨量小,蒸发量大,气候干燥,年均降雨量113.2 mm,年均蒸发量2 604.3 mm,干燥度5.1,最高达18.7,相对湿度47%;光热充足,年均日照时数2 799.4 h,≥10℃的活动积温3 036.4℃;冬季盛行西北风,全年风沙日可达83 d,多集中在2—5月份,年均风速2.5 m/s,最大风速为23.0 m/s;土壤为碱性沙土,沙层深厚,肥力很差,含盐量0.146%,有机质为0.197 5%,全氮0.007 9%,全磷0.116%,pH值为8.3。潜水埋深16 m以下。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

试验材料为干旱荒漠区典型沙生植物柠条锦鸡儿、沙枣和多枝怪柳。定植时均为两年生实生苗。

### 2.2 试验方法

在甘肃省民勤治沙综合试验站以风沙土为基质

的退耕地进行土地平整,然后进行开沟,沟深30 cm,沟距1 m,然后将两年生柠条锦鸡儿、沙枣、多枝怪柳定植于含有风沙土的土壤中,株距1.5 m,三种植物按随机机组定植,每个小区定植25株。定植后第一次进行漫灌,苗木成活后布设一级支管及毛管,毛管上安装滴灌滴头和根灌滴头,滴头均安装在距植株主干10 cm处,以5带为基数,滴灌和根灌轮流布设,试验中实测根灌与滴灌的滴头出水量为2 L/h。试验布设后,定时进行灌溉,灌溉量以灌溉时间来控制,分别设0.5 h,1 h,1.5 h三个灌溉时间梯度,每个灌溉时间试验重复5次。图1为根灌和滴灌灌溉示意图。

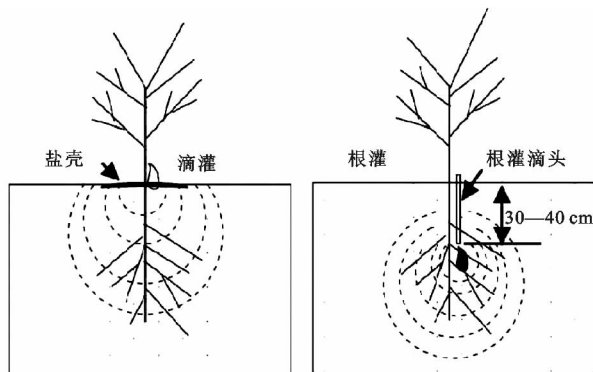


图1 滴灌和根灌示意图

### 2.3 观测指标

灌溉后在灌溉开始前及结束第5 d测定土壤含水率各1次。土壤水分用土钻取样,称重法进行测定,监测同一流量的20,40,60,80,100,120,140,160,180,200 cm深度的土壤水分;植物生长量在布设试验前测定一次高度、冠幅、地径等指标,10月份试验结束后测定一次高度、冠幅、地径、新梢生长量、新梢平均生长量等指标,生长量用钢卷尺进行测定,地径用游标卡尺进行测定。每个测定指标重复10株,以平均值作为最后结果。根灌和滴灌条件下植物生长量以1.5 h灌水时间进行研究。

### 2.4 数据分析方法

观测数据用SPSS统计软件进行方差分析和差异显著性检验,用Excel软件进行均值计算。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同灌溉方式不同灌溉时间土壤水分特征

图2为滴灌和根灌在不同流量条件下(间隔10 h)的土壤水分分布图。从图中可以看出,根灌和滴灌在0—80 cm范围内土壤水分呈明显的规律性,80—200 cm的土壤水分变化差异不明显。滴灌的土壤水分呈先下降后趋于稳定的趋势,土壤水分主要集中在0—60 cm范围内,地表含水率最高,60 cm时对土壤水分补给减小到最低,之后各层次趋于稳定,表明滴灌对

土壤水分的补给主要集中在接近地表的土层内。根灌的土壤水分呈递增后逐渐下降趋于稳定的趋势,土壤水分主要分布在 20—60 cm 的范围之内,40 cm 处的土壤水分含量最高,表明根灌可以将水分输送到更深层次,可以有效减少地面蒸发,防止水分损失,能够长时间为植物生长提供水分需求,可以有效提高水分利用效率。随着灌溉时间的增加滴灌和根灌的土壤水分呈增加趋势,而 800—100 cm 变化不明显。表明滴灌和根灌在 0~1.5 h 内对土壤水分的补给主要集中在 0—60 cm 的土壤范围之内。土壤水分的入渗深度与灌水时间有着密切的联系,而且与土壤类型也有很大的关系。

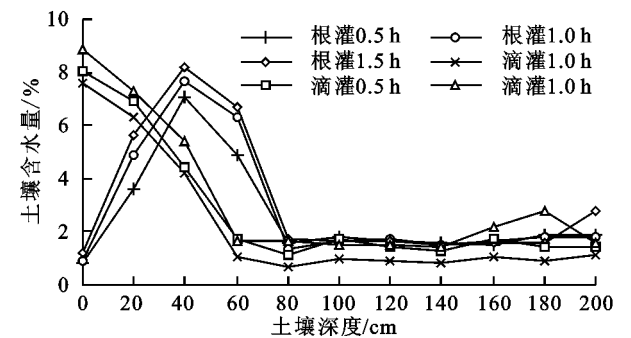


图2 不同灌溉方式及时间条件下土壤水分特征

3.2 不同灌溉方式土壤平均含水率差异性

滴灌和根灌由于灌溉输送水分部位不一致,导致不同层次含水率呈规律性变化。图 3 为滴灌和根灌在灌溉 0.5 h,1 h,1.5 h 时 6 h 后土壤含水率的平均值。表明滴灌和根灌的土壤含水率呈规律性变化,滴灌土壤水分主要集中在 0—60 cm 范围内,根灌土壤水分主要集中在 20—80 cm 范围之内。

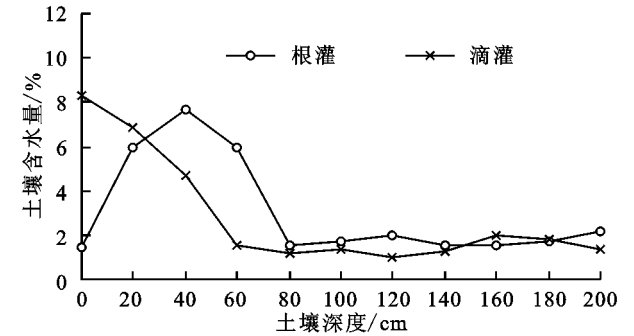


图3 根灌与滴灌土壤水分分布

3.3 不同土壤水分条件下 3 种荒漠植物生长量

3.3.1 高度及冠幅变化 灌溉方式的不同对土壤水分的补给以及持续时间对植物生长产生了一定的影响。表 1 为滴灌和根灌对柠条锦鸡儿、沙枣、多枝怪柳三种荒漠植物生长量影响情况。从表中可以看出,两种灌溉措施下的柠条锦鸡儿在高生长、冠幅净增长以及地径净增长差异不显著,表明滴灌和根灌措施均能够满足柠条锦鸡儿苗木正常生长水分需求,而沙枣高生长、冠幅和地径在根灌和滴灌灌溉方式下存在一定的差异性,根灌条件下两种植物高生长、冠幅和地径明显高于滴灌条件下的高生长、冠幅和地径。表明根灌能够更好地保持土壤水分,持续稳定地为两种植物提供足够的水分,而滴灌条件下,水分主要集中在近地表范围内,与大气接触面积大,水分更容易散失,不利于水分保持,因此为沙枣和多枝怪柳提供的水分就会减少,而沙枣和多枝怪柳比柠条锦鸡儿耗水量大,其生长量大小与土壤水分有很大的关系,土壤含水率高其生长量也大。土壤水分含量成为影响其生长量的重要因素。

表 1 根灌和滴灌对 3 种荒漠植物生长量的影响

类型	物种	高度			冠幅			地径		
		初始	季末	净高/	初始	季末	净冠幅/	初始	季末	净地径/
		高度/cm	高度/cm	cm	冠幅/cm <sup>2</sup>	冠幅/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	地径/cm	地径/cm	cm
根灌	柠条	112.8	155.1	42.3	6167.7	7203.3	1835.6	1.6	1.9	0.3
	沙枣	111.0	170.6	59.6	5565.3	8695.7	3130.4	2.2	2.7	0.5
	多枝怪柳	175.7	252.9	77.2	4436.1	91025.9	86589.9	2.4	2.8	0.4
滴灌	柠条	101.6	139.7	36.1	4078.5	6644.2	2565.7	1.5	1.8	0.3
	沙枣	151.7	191.0	39.3	3183.3	7371.2	4187.9	1.9	2.3	0.5
	多枝怪柳	155.2	214.8	38.6	6768.9	71334.9	64565.9	2.1	2.4	0.4

3.3.2 新梢最大生长量及平均生长量 新梢生长量及平均生长量是衡量植物生长大小的关键指标。柠条锦鸡儿、沙枣、多枝怪柳新梢生长量和新梢平均生长量以及高度、冠幅表现出相似的规律性(图 4)。滴灌和根灌条件下的柠条锦鸡儿新梢生长量和平均生长量差异不显著( $p<0.05$ ),而滴灌和根灌条件下的沙枣、多枝怪柳新梢生长量和平均生长量差异显著。这可能与 3 种植物生长对水分的需求有关,柠条锦鸡

儿比沙枣和多枝怪柳相比具有更强的抗旱性,沙枣和多枝怪柳属于耗水量相对较大的物种。

4 讨论与结论

4.1 不同灌溉方式下的土壤水分特征

滴灌和根灌由于灌溉导入土层的水分部位不一致,因此导致土层土壤水分含量不一致,进而造成了各层土壤水分的差异。滴灌主要是将水缓慢输入地面,以地表

入渗形式来补给土壤水分,滴灌土壤水分主要集中在表层0—60 cm范围内,由于水分集中分布于表层,因此这部分水分越容易因蒸发而丧失,而根灌直接将水分导入20 cm以下深层次土壤,地面基本没有水分,而且土壤水分供给范围也正好是植物根系分布区域,因此根灌更有利于土壤水分保持和更有利于植物吸收。

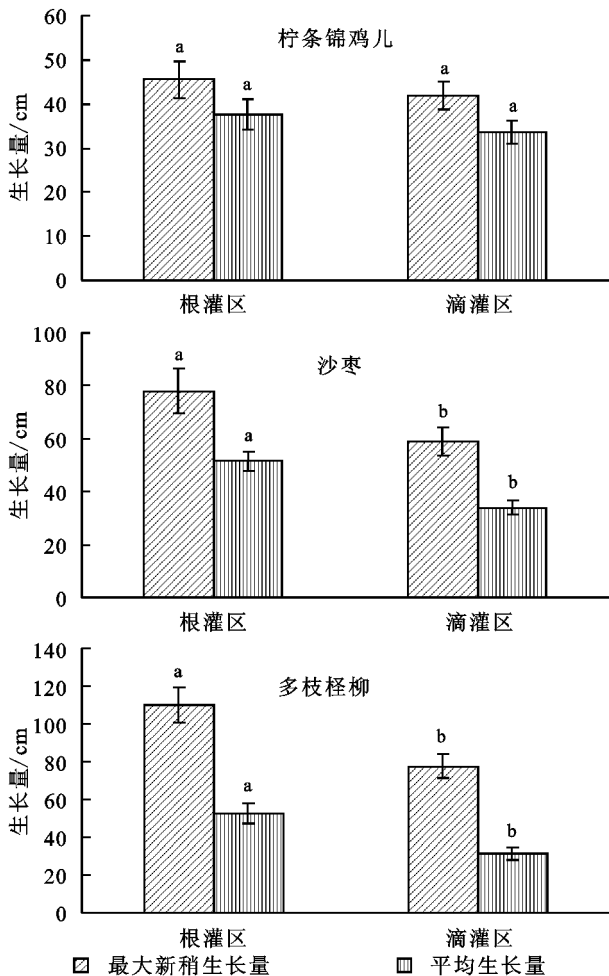


图4 不同灌溉方式对3种荒漠植物最大新梢生长量的影响

#### 4.2 不同根灌方式不同灌溉时间下的土壤水分特征

通过根灌与滴灌0.5 h,1 h和1.5 h时间尺度上土壤水分的比较,表明在不同时间段内根灌和滴灌土壤水分呈相似分布规律。在不同的灌溉时间下随着灌溉时间的增加,土壤水分分布范围增加,在灌溉后6 h测定土壤水分,灌溉和滴灌在一定范围内对土壤水分补给大,土壤含水率高,但是超过一定范围后土壤含水率变化不明显。该研究结果和杜虎林对塔里木沙漠公路防护林带中滴灌和根灌对土壤水分的影响研究结果相一致<sup>[10]</sup>。当然在滴灌和根灌实施后的

更长时间内土壤各层次的水分是如何变化的还需要进一步研究,而且入渗深度与灌水时间呈正相关,还与土壤质地有一定的相关关系。

#### 4.3 根灌和滴灌对植物生长量的影响

不同植物种类对水分需求不一致,柠条锦鸡儿属于耐旱性植物,滴灌和根灌均能够满足其正常生长水分需求,因此其高度、冠幅、地径、新梢生长量和新梢平均生长量差异不显著,而沙枣和多枝桉柳属于耗水性相对较大的植物,其生长量与土壤水分供给密切相关,在充足的水分条件下能够获得较大的生长量,因此滴灌和根灌灌溉方式及灌水时间成为影响其生长量的重要因素。

#### 参考文献:

- [1] 邓铭江,石泉. 内陆干旱区水资源管理调控模式[J]. 地球科学进展,2014,29(9):1046-1054.
- [2] 鲍超,方创琳. 干旱区水资源开发利用对生态环境影响的研究进展与展望[J]. 地球科学进展,2008,27(3):38-42.
- [3] 陈亚宁,杨青,罗毅,等. 西北干旱区水资源问题研究思考[J]. 干旱区地理,2012,35(1):1-9.
- [4] 苏芸. 新疆农业高效节水灌溉技术选择研究[D]. 新疆石河子:石河子大学,2013.
- [5] 黄修桥. 灌溉用水需求分析与节水灌溉发展研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [6] 李宗礼,赵文举,孙伟,等. 喷灌技术在北方缺水地区的应用前景[J]. 农业工程学报,2012,28(6):1-6.
- [7] 范永申,王全九,周庆峰,等. 中国喷灌技术发展面临的主要问题及对策[J]. 排灌机械工程学,2015,33(5):450-455.
- [8] 李道西,罗金耀. 地下滴灌技术的研究及其进展[J]. 中国农村水利水电,2003(7):15-18.
- [9] 李宗礼,赵文举,孙伟. 范严伟喷灌技术在北方缺水地区的应用前景[J]. 农业工程学报,2012,28(6):54-56.
- [10] 杜虎林,王涛,肖洪浪,等. 塔里木沙漠公路防护林带根灌节水试验研究[J]. 中国沙漠,2010,30(3):522-527.
- [11] 史学斌,鲍忠文,杜虎林,等. 塔里木河下游农田根灌与滴灌条件下土壤蒸发试验研究[J]. 节水灌溉,2012(6):17-21.
- [12] 马文艺,杜虎林,史学斌. 塔里木河下游枣树根灌需水量与灌溉制度研究[J]. 西北农业学报,2014,23(11):92-99.
- [13] 杨文娟,李宏彬,冯利和,等. 根灌与地表滴灌节水技术对枣树的影响[J]. 农村科技,2013(12):54.