不同灌水技术下香梨地土面蒸发规律研究

刘洪波，白云岗，张江辉，张胜江，丁平

（新疆水利水电科学研究院，新疆 乌鲁木齐 830049）

摘　要：对新疆库尔勒灌溉实验站香梨地不同灌水技术处理的土面蒸发进行了试验研究，并分析了土面蒸发强度与土壤含水量和土面蒸发强度与土壤耗水强度间的关系。结果表明，各处理在整个生育期的平均土面蒸发强度由大到小依次为微喷、小管和环管，其累积土面蒸发值分别为 116.05，104.53 和 89.60 mm。各处理棵间相对土面蒸发强度与 0—20 cm 土层深度的土壤含水量相关关系显著，呈二次递增规律。土壤耗水强度在生育期内整体上呈现从大到小的变化规律，大小顺序依次为微喷、环管和小管，且土面蒸发强度均随着土壤耗水强度的增大而增大，二者之间呈幂函数关系。

关键词：香梨；灌水技术；土面蒸发；耗水强度

文献标识码：B　　**文章编号**：1000-288X(2013)05-0134-04　　**中图分类号**：S152.7

Evaporation Processes on Fragrant Pear Land Surface with Different Irrigation Techniques

LIU Hong-bo, BAI Yun-gang, ZHANG Jiang-hui, ZHANG Sheng-jiang, DING Ping

(*Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi, Xinjiang* 830049, *China*)

Abstract: Soil surface evaporation in fragrant pear land of the Kuerle Irrigation Experiment Station was studied experimentally with different irrigation techniques. The relationships among soil surface evaporation intensity, soil water content and soil water consuming intensity were analyzed. Results showed that the treatments, in terms of the average soil surface evaporation intensity over the whole growth period, were in the descending order of microjet, small tube and ring tube. Their cumulative soil surface evaporation values were 116.05, 104.53 and 89.60 mm, respectively. For the treatments of different tree intervals, the relative intensity of soil surface evaporation in 0—20 cm soil layer had a significant correlation with soil water content, presenting a quadratic increasing relation. In the whole growth period, soil water consumption intensity presented a high to low change, with the descending order of microjet, ring tube and small tube. Soil surface evaporation intensity increased with increased soil water consumption intensity, which can be described by power function.

Keywords: fragrant pear; irrigation technology; soil surface evaporation; water consuming intensity

香梨作为新疆库尔勒地区的特色支柱产业，由于受到干旱少雨，蒸散量大等特殊自然条件的限制，在水肥管理上存在着灌溉定额过大和高耗低效等问题。准确地测定香梨灌溉期棵间土面蒸发量及变化规律，对于香梨地采用科学的节水措施及制定合理的灌溉制度具有重要的意义。微型蒸发器(Microlysimeters，MLS)是测定土壤蒸发既简单又非常有效的仪器[1]，国内外很多学者都曾利用微型蒸渗仪观测土面蒸发[2-5]。王健等[6]利用大型称重式蒸渗仪和小型棵间蒸发器的测定资料，研究了不同灌溉定额条件下夏玉米生长期间的逐日蒸发蒸腾和棵间蒸发过程，得出充分灌溉和非充分灌溉条件下棵间蒸发占蒸发蒸腾的比例与叶面积指数的相关系数分别达到 0.85 和 0.77 以上。高阳等[7]、刘钰等[8]采用微型蒸渗仪测定了玉米、大豆不同间作模式下不同位置处的土面蒸发量，并研究了麦田与裸地土面蒸发强度的方法，分析了相对土面蒸发强度与土壤含水率及叶面积指数的关系。然而，关于库尔勒地区香梨地土面蒸发规

收稿日期：2012-11-01　　修回日期：2013-01-17
资助项目：新疆自治区科技重大专项“新疆特色果树微灌节水增效技术研究与示范”(201130103-1)；国家科技支撑计划“新疆绿洲灌区林果高效节水综合技术研究与示范”(2011BAD29B05)
作者简介：刘洪波(1982—)，男(汉族)，湖北省天门市人，硕士研究生，研究方向为水分高效利用。E-mail：lhb090@163.com。
通信作者：白云岗(1974—)，男(汉族)，新疆维乌尔自治区奇台县人，高级工程师，主要从事农业水土工程方面的研究及技术推广工作。E-mail：xjbaiyg@yahoo.com.cn。

律的研究还很少,因此,对该地区进行土面蒸发的研究,探讨在不同灌水技术下香梨地的水分消耗转化关系是非常必要的。

本试验针对库尔勒地区的特殊气候特征,通过对香梨地在不同灌水技术下土面蒸发量的测定,对香梨棵间土面蒸发规律进行了研究,为能准确估算农田土壤水分动态变化过程,制定合理的灌溉制度及采取针对性的节水措施,尽可能减少无效的棵间蒸发损失提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验条件

试验地点位于新疆巴音郭楞蒙古自治州水利管理处重点灌溉试验站。该试验站位于库尔勒市尉犁县城 30 km 处,地理坐标为北纬 41°35′41″,东经 86°10′20″,海拔 892 m,年降水量 20～80 mm,年蒸发量 2 000～2 500 mm;10 ℃以上积温 3 950～4 500 ℃,无霜期 180～215 d;湿润度小于 0.33,为纯灌溉农业。作物生长季节干旱少雨,土壤为砂壤土,田间持水率 16.8%,pH 值 8.0,有机质含量 12.52 g/kg,全氮 0.84 g/kg,碱解氮 58.69 mg/kg,速效磷 9.67 mg/kg,速效钾 138.74 mg/kg。

试验于 2012 年 3 月开始进行,试验区面积 0.33 hm^2,试材为生长势和树体大小较为一致的 11 年生香梨树,株行距为 4 m×6 m,折合密度 420 株/hm^2。

1.2　试验设计

试验采用地面 3 种微灌灌溉方式,灌水技术共设 3 个处理。微喷灌水处理是沿树行东侧布置 1 条毛管,毛管管径为 16 mm,在正对每棵树干 1 m 处布置一个射程 2 m,流量 40 L/h 的旋转微喷头。环管地表滴灌采用毛管 16 mm 的滴灌管,滴头间距30 cm,滴头流量 3.2 L/h。环管绕树体一周,直径为 1.2 m。小管出流采用 4 mm 毛管,绕树休四周布置 4 条小管,流量 8 L/h。3 个处理的灌溉定额均为10 650 m^3/hm^2,灌水周期 10 d。

1.3　测定指标

1.3.1　土面蒸发　土面蒸发采用微型蒸渗仪直接测定。微型蒸渗仪采用 PVC 管制成,内径 10 cm,深度 20 cm。为保证操作时不破坏附近土体结构,用内径为 12 cm 的 PVC 管做成外套,并固定于土壤中,且其表面与附近土壤持平。每个处理采用 1 个微型蒸渗仪,置于距香梨主根同一侧 50 cm 处。采用精度为 0.1 g 的电子天平称重,称重后将其放回套筒中,每天在 20 点定时称重 1 次,两日称重的差值为当日蒸发量。蒸渗仪中的土在每次灌水过后更换 1 次,换土时将蒸发器周围土壤装入内筒中。

1.3.2　土壤含水率　土壤含水量采用 CNC-503D 型中子仪定期监测。于每次灌水后测定土壤含水量。此外,在各个生育期选择一个灌水周期进行连续测定,观测不同处理 0—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm 深度上的田间土壤含水率。

1.3.3　叶面积　每个处理选取 3 棵长势均匀的香梨树,每棵树选取 1 个主枝,按枝的底部、中间和上部选取 3 个分枝,从展叶期开始,测量每个枝上叶片的长、宽和每个枝上的枝条数和叶片数以及主枝和整棵树的枝条数,计算出该树的叶面积

2　结果与分析

2.1　叶面积指数的变化

不同灌水技术处理叶面积指数变化如图 1 所示。从图 1 中可以看出,在香梨的整个生育期内,各处理叶面积指数表现出明显增大的变化规律,其中在香梨开花及展叶期(4 月 8 日至 4 月 25 日),各处理叶面积增长速度较快,小管处理的叶面积指数最大,环管次之,微喷最小,其叶面积指数(LAI)值分别为 0.89,0.58 和 0.40。从香梨花期结束到坐果期末(7 月 8 日),各处理的叶面积指数上升速度减慢,在果实膨大期(7 月 9 日至 8 月 10 日)仍呈上升趋势,上升幅度较小,在果实成熟期,香梨仍在进行生殖生长,且生长速度较快。在整个生育期中,小管处理的叶面积指数始终最大,环管居中,微喷最小,其 LAI 最大值分别是3.4,2.5 和 1.7。

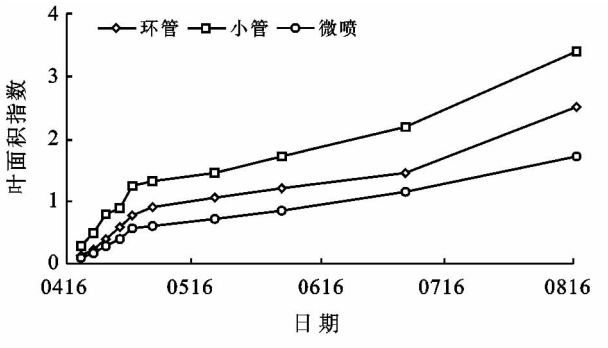


图 1　不同灌水技术叶面积指数变化

2.2　土面蒸发的变化

图 2 是不同灌水技术处理的土面蒸发逐日变化。从图 2 可看出,各处理土面蒸发强度在香梨整个生育期内变化规律趋于一致。在抹芽期开始由于当地特殊的气候条件,4 月初化冻,土面蒸发很小,从花期开始各处理的土面蒸发呈现出先增大后减小的趋势。随着时间的推移,处理间日平均土面蒸发差值变大,各处理

按整个生育期内平均土面蒸发强度高低排序为微喷>小管>环管，平均值分别为 1.01，0.89，0.77 mm。

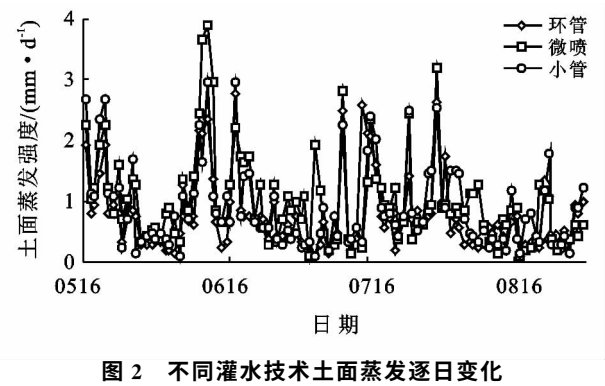


图 2 不同灌水技术土面蒸发逐日变化

从累积土面蒸发量来看（图 3），在日序 20 d 之前，各处理的累积土面蒸发值相差很小，20 d 之后逐渐增大，其中微喷处理的累积土面蒸发值明显大于环管和小管处理，环管处理的累积土面蒸发值最小。环管、小管和微喷 3 种灌水技术处理的累积土面蒸发值分别为 89.60，104.53 和 116.05 mm。

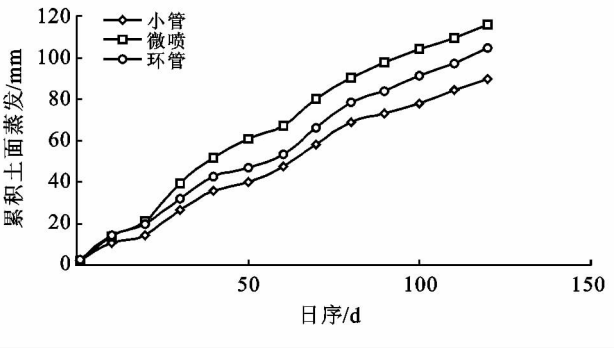


图 3 不同灌水技术累积土面蒸发

不同灌水技术处理不同生育期的土面蒸发强度如表 1 所示。由表 1 可知，香梨从花期到果实成熟期的整个生育期内，各处理的土面蒸发强度均呈现先增大后减小的变化规律，且微喷处理的土面蒸发强度除在花期低于小管处理外，其他生育期均高于环管和小管处理，小管处理从坐果期到果实成熟期均高于环管处理。

表 1 不同灌水技术各生育期土面蒸发强度

生育期	处理		
	环管	小管	微喷
花 期	0.21	0.35	0.28
坐果期	0.77	0.86	0.91
果实膨大期	0.91	1.01	1.32
果实成熟期	0.54	0.54	0.61

2.3 土壤表层含水量与土面蒸发的关系

通过自动气象站的数据采集，利用联合国粮食与农业组织（FAO）推荐的 Penman—Monteith 公式计算参考作物需水量 ET_0[9]。由于试验田为砂壤土，但分层不均一，表层 0—60 cm 为砂土，60—80 cm 为壤土，80—100 cm 为砂壤土，而土壤表层受光照及气候影响最大，因此对香梨地在不同灌水技术下表层土壤 0—20 cm 深度的相对土壤蒸发强度与含水量的关系进行分析。图 4 表示环管处理在 2 次灌水周期内的田间相对土面蒸发强度 E/ET_0 与表层 0—20 cm 土壤含水量（x）的关系。从图 4 中可看出，相对土面蒸发强度与 0—20 cm 土层土壤含水量呈二次线性关系，说明相对土面蒸发强度随着土壤含水量的增大而增大，且相关性极显著，相关系数为 0.951。

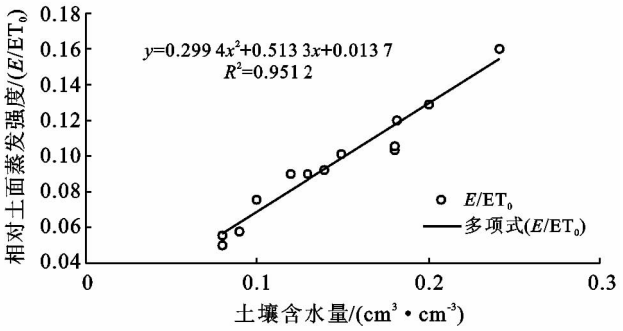


图 4 相对土面蒸发强度与土壤含水量的关系

同理，可得出小管和微喷处理的相对土面蒸发强度和 10—20 cm 土层土壤含水量的关系。

（1）小管处理：

$$y=5.536x^2-0.691x+0.080 \quad (R^2=0.927) \qquad (1)$$

式中：y——相对土面蒸发强度（mm/d）；x——土壤含水量（cm^3/cm^3）。

（2）微喷处理：

$$y=1.121x^2+0.775x-0.010 \quad (R^2=0.965) \qquad (2)$$

式中：y——相对土面蒸发强度（mm/d）；x——土壤含水量（cm^3/cm^3）。

从图 4 及式（1）—（2）可知，相对土面蒸发强度均随土壤含水量的增加而增加。不同处理相比，微喷处理的相关系数最高，表明相关性最好，且相对土面蒸发强度在土壤含水量小于 0.22 时随土壤含水量增加而增大的速率较小，当土壤含水量大于 0.22 时，相对土面蒸发强度随含水量增加而增大的速率加大。

2.4 土面蒸发强度与土壤耗水强度的关系

表 2 为 3 种不同灌水处理在不同生育期内的土壤耗水强度。土壤耗水量是以上次观测土壤贮水量

加上本次灌水量减去本次贮水量计算得到,计算深度以中子仪测定 100 cm 土层计算。土壤耗水强度是每个灌水周期内的土壤耗水量除以周期天数得到。可见,3 种不同处理在生育期内的土壤耗水强度整体上呈现出明显的先增大后减小的规律性,其中,在花期到坐果期的土壤耗水强度变化不大,从坐果期到成熟期 3 种不同处理的土壤耗水强度差异变化加大,且微喷处理的土壤耗强度始终最大,而环管和小管次之,但两者相差很小。产生这种差异的原因可能是因为微喷的表层湿润范围大于环管和小管。

3 种不同灌水技术处理的土面蒸发强度与土壤耗水强度之间呈显著相关关系,其中环管处理呈极显著相关关系,为 0.971,小管和微喷的相关性稍差,为 0.825 和 0.894。各处理的土面蒸发强度均随着土壤耗水强度的增大而增大,降低而降低,二都之间呈幂函数关系,具体的回归方程及土面蒸发强度占土壤耗水强度的比例如表 3 所示。

表 2　不同灌水技术处理下各生育期耗水强度

生育期	环管	小管	微喷
花 期	1.65	1.59	2.00
坐果期	6.42	6.18	7.23
果实膨大期	8.63	8.35	9.45
果实成熟期	5.83	5.76	6.97

表 3　香梨生育期内土面蒸发强度与土壤耗水强度的关系

生育期	环管			小管			微喷		
	比例/%	回归方程	相关系数	比例/%	回归方程	相关系数	比例/%	回归方程	相关系数
开花展叶期	12.70			22.028			13.97		
坐果期	11.92	$y=9.647x^{1.099}$	0.971	13.916	$y=8.729x^{1.388}$	0.825	12.60	$y=8.229x^{0.986}$	0.894
果实膨大期	10.58			12.152			13.96		
果实成熟期	9.27			9.333			8.68		

注:y 为耗水强度;x 为土面蒸发强度,单位均为 mm/d。

3　结 论

香梨地土面蒸发的试验研究结果表明,不同灌水技术处理虽然灌溉定额与灌水周期相同,但由于毛管布置方式不同,土壤含水量及土壤湿润体产生差异,同时受阳光照射区域的影响表现出明显的差异。各灌水技术处理在整个生育期的平均土面蒸发强度由大到小依次为微喷、小管和环管,其累积土面蒸发值分别为 116.05,104.53 和 89.60 mm。各处理棵间相对土面蒸发强度与表层 0—20 cm 深度土壤含水量关系密切,3 种不同处理均与 0—20 cm 土层深度的土壤含水量相关关系显著,不同处理相对土面蒸发强度均随土壤含水量增加而增大,呈二次递增规律,其中环管处理的相关性达到极显著。3 种灌水处理的土壤耗水强度在生育期内整体上呈现从大到小的变化规律,从花期到坐果期的土壤耗水强度变化不大,各处理的土壤耗水强度大小顺序为微喷、环管和小管。微喷处理的土面蒸发强度与土壤耗水强度之间呈极显著相关关系。各处理的土面蒸发强度均随着土壤耗水强度的增大而增大,降低而降低,二者之间呈幂函数关系。由于该试验项目刚开始进行,仅初步探明了其相互关系及基本特征,对不同的灌水方式下不同灌溉定额及不同灌溉制度下的相互关系仍需做进一步的试验研究。

[参 考 文 献]

[1] 孙宏勇,刘昌明,张永强,等. 微型蒸发器测定土面蒸发的试验研究[J]. 水利学报,2004(8):114-118.

[2] Boast C W, Robertson T M. A" micro-lysimeter" method for determining evaporation from bare soil: description and laboratory evaluation [J]. Soil Science Society of America Journal, 1982,46(4):689-696.

[3] 孙景生,康绍忠,王景雷,等. 沟灌夏玉米棵间土壤蒸发规律的试验研究[J]. 农业工程学报,2005,21(11):20-24.

[4] 王健,蔡焕杰,刘红英. 利用 Penman—Monteith 法和蒸发皿法计算农田蒸散量的研究[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(4):67-71.

[5] 谢平,陈晓宏,刘丙军,等. 参考作物腾发量与蒸发皿蒸发量的变化特征及变化原因分析[J]. 灌溉排水学报,2008,27(5):14-17.

[6] 王健,蔡焕杰,康燕霞,等. 夏玉米棵间土面蒸发与蒸发蒸腾比例研究[J]. 农业工程学报,2007,23(4):17-22.

[7] 高阳,段爱旺,刘祖贵,等. 玉米/大豆不同间作模式下土面蒸发规律试验研究[J]. 农业工程学报,2008,24(7):44-48.

[8] 刘钰,Fernando R M,Pereira L S. 微型蒸发器田间实测麦田与裸地土面蒸发强度的试验研究[J]. 水利学报,1999(6):45-50.

[9] Walker S, Ogindo H O. The water budget of rainfed maize and bean intercrop[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2003,28(20):919-926.