

极端干旱地区滴灌条件下葡萄生长发育特征

杨艳芬¹, 王全九^{1,2*}, 白云岗³, 蔡军社⁴, 曾 辰²

(1. 西安理工大学水资源研究所, 西安 710048; 2. 中国科学院水利部西北农林科技大学水土保持研究所
黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100; 3. 新疆水利水电科学研究院, 乌鲁木齐 830049;
4. 新疆瓜果开发研究中心, 鄯善 838201)

摘 要: 不同滴灌布设方式下, 土壤含水率不尽相同, 作物的长势和产量也因此受到影响。为探究滴灌管道布置方式和系统技术参数对葡萄植株生长发育特性和产量的影响, 并优选出适合吐哈盆地的葡萄滴灌技术参数, 该文对不同滴灌技术下土壤含水率以及成熟期葡萄植株生理指标进行观测和分析, 结果表明: 地面滴灌 3 管布置、滴头流量 2.7 L/h、滴头间距 30 cm 的处理达到了最优效果, 该处理下的土壤含水率、葡萄水分生理指标和产量均处于较高水平。

关键词: 灌溉, 土壤含水率, 干旱区域, 滴灌, 管道布置方式, 滴灌技术参数, 葡萄水分生理指标, 产量

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.008

中图分类号: S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0045-06

杨艳芬, 王全九, 白云岗, 等. 极端干旱地区滴灌条件下葡萄生长发育特征[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 45—50.

Yang Yanfen, Wang Quanjiu, Bai Yungang, et al. Characteristics of grape growth under drip irrigation condition in extremely arid regions[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 45—50. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

中国是一个水资源匮乏的国家, 农业用水量占总用水量的 80% 以上, 灌溉水利用率仅为 43% 左右, 与发达国家 80% 的灌溉水利用率相差甚远^[1]。吐哈盆地是中国著名葡萄生产基地, 也是严重资源性缺水的极端干旱区, 年平均降水量仅 16.5 mm, 而年平均蒸发能力高达 3 300 mm, 目前水资源开发利用程度已达本区占有水资源量的 130%, 水资源短缺已成为该区农业及社会经济可持续发展的“瓶颈”, 为此, 发展葡萄节水灌溉技术成为该地区缓减水资源供需矛盾的主要途径。滴灌作为节水灌溉技术的一种, 因其节水、增产、提高肥效、保持土壤结构、减少营养成分流失、对地形适应性强、有利于实现自动化控制、增产、增加经济效益等优点备受关注^[2-3]。关于滴灌管道布置方式和系统技术参数对作物生长发育影响的研究为数不多, Fekadu^[4]的试验结果表明滴头流量和间距对番茄产量和株高无显著影响; Clark^[5]的研究表明茄子和西瓜等瓜类作物的产量和滴灌带宽度布置无明显关系; 王舒^[6]的试验结果显示滴灌系统采用较大的滴头间距和较小的滴头流量时, 不会影响黄瓜产量与质量, 但可降低系统投资; 蔡焕杰^[7]对新疆棉花膜下滴灌

毛管布置形式进行了研究, 发现毛管间距 110 cm 时棉花产量最高。而对于吐哈盆地滴灌布置方式和系统技术参数对葡萄生长发育的影响还未见报道。本文通过对滴灌条件下葡萄生长发育特性的观测和分析, 探讨滴灌管道布置方式和系统技术参数对吐哈盆地葡萄生长发育及产量的影响, 从而优选出适合该地区的滴灌技术参数。

1 材料与方法

试验地点位于新疆维吾尔自治区葡萄瓜果开发研究中心 1 号地, 地理坐标为: 北纬 42.91°, 东经 90.30°; 海拔 419 m。年降雨量 25.3 mm, 年蒸发量 2 751 mm。葡萄品种为无核白, 1981 年定植, 树龄 28 a, 大沟定植, 东西走向, 沟长 54 m, 沟宽 1.0~1.2 m, 沟深 0.5 m 左右; 株距约 1.2~1.5 m, 行距 3.5 m; 栽培方式为小棚架栽培, 棚架前端高 1.5 m, 后端高 0.8 m。传统的灌溉方式采用地面沟灌。土壤颗粒组成的测定是将土样风干、碾压、筛分(过 2 mm 筛)后用马尔文激光法测定各有效直径颗粒含量所占的百分比, 再根据美国农业部制分级标准划分土壤类型。测定结果显示有效直径小于 0.002 mm 的土壤颗粒(黏粒)占 8.464%, 0.002~0.05 mm 的土壤颗粒(粉粒)占 31.753%, 0.05~2 mm 的土壤颗粒(砂粒)占 59.783%, 由这 3 个具体数值在美国农业部制土壤质地三角形中查得 1 号地土壤质地为砂壤土。

1.1 试验内容

鉴于滴灌分为地面滴灌和地下滴灌, 而地面滴灌又因不同的管道布置方式和系统技术要素产生不同的灌溉效果, 因此, 为研究滴灌条件下葡萄生长特征, 本文以上述滴灌要素为因素布设 4 个处理, 分别为: S2.7: 2 管布置(栽培沟和葡萄主干旁各 1 条滴灌带), 滴头流量为

收稿时间: 2008-04-09 修订时间: 2009-11-13

基金项目: 国家科技支撑项目(2007BAD38B03); 新疆自治区重大专项(200731136-5); 陕西省重点学科建设专项资金资助项目

作者简介: 杨艳芬(1984—), 女, 宁夏银川人, 主要从事农业水土工程方面的研究。西安 西安理工大学水资源研究所, 710048。

Email: yyf-884@163.com

*通信作者: 王全九(1964—), 男, 内蒙古人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业水土工程方面的研究。杨凌 中国科学院水利部西北农林科技大学水土保持研究所, 712100。Email: wquanjiu@163.com

2.7 L/h, 间距为 30 cm; S3.3: 2 管布置 (栽培沟和葡萄主干旁各 1 条滴灌带), 滴头流量为 3.3 L/h, 间距为 30 cm; X3: 3 管布置 (栽培沟内 1 条滴灌带, 葡萄主干旁 2 条滴灌带), 滴头流量为 2.7 L/h, 间距为 30 cm; DD: 地下滴灌, 2 管布置 (分别埋设于栽培沟表面和葡萄主干旁土壤表面以下 20 cm 处), 滴头流量 1.6 L/h, 滴头间距 50 cm。

以上各个处理小区长 27 m, 宽 3.5 m, 设 3 个重复。灌水定额均为 $450 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 灌水周期均为 7 d。从 2008 年 4 月 12 日开始滴灌, 至 2008 年 10 月 26 日结束。

1.2 试验方法

鉴于 2008 年试验小区的灌溉方式自始至终采用滴灌, 故在葡萄成熟期对田间土壤含水率、葡萄植株生长特性进行观测, 以此来反应滴灌对葡萄植株的长期累积影响。

1.2.1 土壤含水率

采用 TRIM-IPH 测定, 在灌水前后观测 0~20、>20~40、>40~60、>60~80、>80~100 cm 深度上的田间土壤含水率。

1.2.2 葡萄叶片相对含水率

葡萄叶片相对含水率的观测是在 1 个灌水周期内, 每天 8:00 采摘叶片, 每个处理随机选取 10 片长势均匀、大小适中、无病虫害的新成熟健康叶片, 采摘下来后立即擦去表面浮土, 称取鲜质量, 再用清水浸泡 8 h 使其饱和, 之后称取饱和和质量, 然后烘干称得干质量, 由鲜质量、饱和质量、干质量计算得叶片相对含水率。

1.2.3 葡萄叶片光合特性

葡萄叶片光合特性的观测是在晴朗无云日, 每个处理选取 9 片长势均匀、无病虫害且角度一致的新成熟叶片, 采用 CIRAS-2 型光合仪测定, 从 8:00 到 20:00, 每隔 2 h 测定 1 次, 测定参数包括净光合速率 (PN)、蒸腾速率 (EVAP)、气孔导度 (GS)、胞间 CO_2 浓度 (Ci)。

1.2.4 葡萄冠层温度

测定葡萄冠层温度时, 选取有代表性的冠层部位, 避开裸地影响, 采用手持式红外线测温仪观测冠层温度日变化, 测定时间为 9:00, 11:00, 12:00, 14:00, 15:00, 16:00, 18:00, 20:00, 为了消除太阳方位角及作物种植方向对观测值的影响, 每个处理在 4 个不同方向与地面成 45° 进行观测, 每次取 4 个测定值的平均值代表该处理的实际情况。

1.2.5 葡萄产量及品质

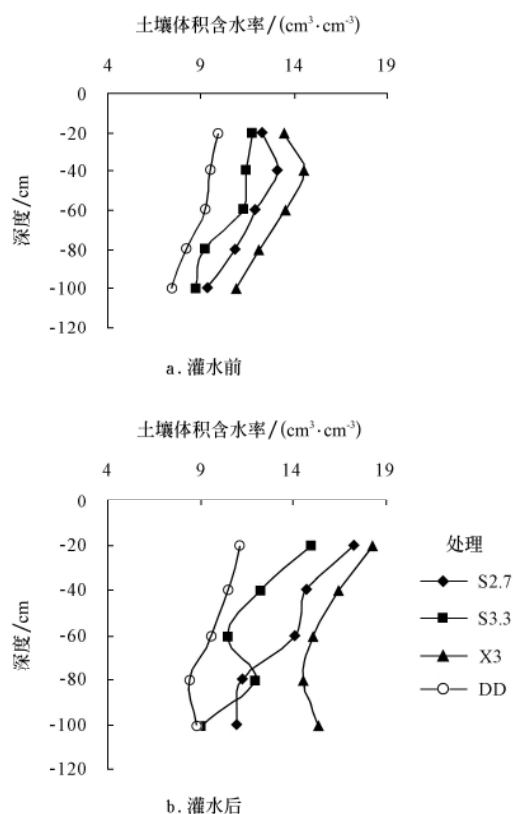
测定产量时, 每个处理挑选 3 个长势均匀的小区, 每个小区摘取 3 串果穗, 称取每串果穗的鲜质量, 据此换算为最终产量, 再从每串果穗上摘取 12 颗大小适中的果粒, 称取每个处理的果粒百粒质量。葡萄品质的测定是在果实成熟期使用便携式测糖仪测定, 测定时, 每个处理随机选 3 个蔓, 在每个蔓的上、中、下部各选 1 串长势均匀的果穗, 在每串果穗的上、中、下部各摘 2 粒果粒, 取出葡萄汁, 混合后用测糖仪得到可溶性固体物质含量。

2 结果与分析

对不同处理下灌水前后土壤含水率、叶片相对含水率、光合作用、冠层温度、产量及品质之间的差异进行分析。

2.1 灌水前后土壤含水率变化

不同管道布置方式、不同系统参数下, 土壤水分分布不尽相同, 这也是不同处理间植株生长特性差异的原因。图 1 显示了不同处理灌水前后 (2008 年 8 月 7 日、8 月 15 日灌水, 取 2 次测量结果的平均值) 40 cm 范围内不同深度的土壤含水率分布, 从图中可以看出, 灌前表层的土壤含水率较大, 随着深度的增加, 土壤含水率有减小的趋势, 且 X3 在各个深度的土壤含水率都较大, S2.7 次之, S3.3 小于 S2.7, DD 的土壤含水率始终处于最低水平; 灌后, 各处理在各个深度上的土壤含水率明显大于灌前, 且各处理的土壤含水率差异与灌前相似, 可见, 4 个处理中, X3 的土壤含水率始终处于最优状态, 而 DD 的土壤含水率在各个深度上都较低, S2.7 和 S3.3 介于二者之间。



注: X3—3 管, 滴头流量 2.7 L/h; S2.7—2 管, 滴头流量 2.7 L/h; S3.3—2 管, 滴头流量 3.3 L/h; DD—2 管, 滴头流量 1.6 L/h, 下同

图 1 灌水前和灌水后 40 cm 范围内不同深度土壤含水率
Fig.1 Soil moisture in different depth within the range of top 40 cm before irrigation and after irrigation

2.2 叶片相对含水率

叶片相对含水率是反应植物水分状态的重要生理指标, 与土壤水分有密切联系。图 2 显示了叶片相对含水率的测定结果 (2008 年 8 月 7 日灌水后对各个处理的叶片相对含水率连测 2 个灌水周期, 取其平均值), 从图中

可以看出,在 1 个灌水周期内,各个处理的叶片相对含水率高低虽存在小波动,但总体趋势是随着灌后天数的增加而减小,即灌后第 1 天叶片相对含水率最高,灌水前一天最低,且灌前第 2 天到灌前第 1 天相对含水率降幅较大。这是因为随着灌后天数的增加,土壤水分含量因水分的消耗而逐渐降低,叶片所摄取的水分也随之减少,致使叶片相对含水率逐渐降低。

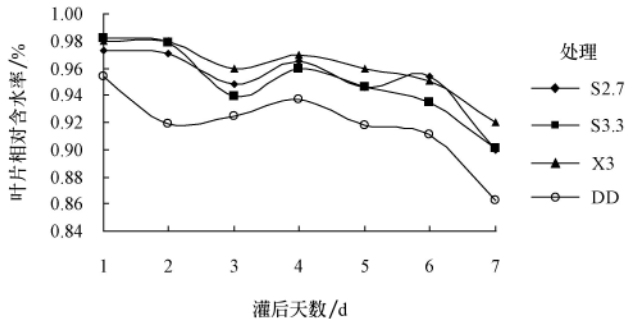


图 2 1 个灌水周期内叶片相对含水率

Fig.2 Leaf relative water content variations during one irrigation period

另外,从图 2 中还可以看出,不同处理之间的叶片

相对含水率虽大致趋势相同,但亦存在差别。1 个灌水周期内, X3 的叶片相对含水率始终高于其他 3 个处理,且始终处于较高水平;灌后第 1 天和第 2 天, S3.3 的叶片相对含水率略大于 S2.7,但从灌后第 3 天开始, S2.7 的叶片相对含水率略大于 S3.3; DD 的叶片相对含水率在 1 个灌水周期内均低于另外 3 个处理。

2.3 光合特性

作物生产的实质是光能驱动的一种生产体系。研究表明作物生物学产量中, 90%~95% 的物质来自作物光合作用的产物, 只有 5%~10% 的物质来自根部吸收的营养物质。因此, 光合作用是决定产量的最重要因素^[8], 是农作物丰产的 1 个中心问题。光合作用的强弱不仅反映出作物本身的生长发育水平, 而且直接关系到农产品的产量与品质, 研究光合作用的规律对于提高作物产量具有重要意义。

叶片的光合作用与土壤水分有着直接的联系, 因此, 有必要对不同处理下植株的光合作用进行测定, 以此在一定程度上反应不同滴灌方式对植株生理活动的长期影响。4 个处理的光合作用测定于 2008 年 8 月 8、9、10 日, 结果取其平均值, 如图 3 所示。

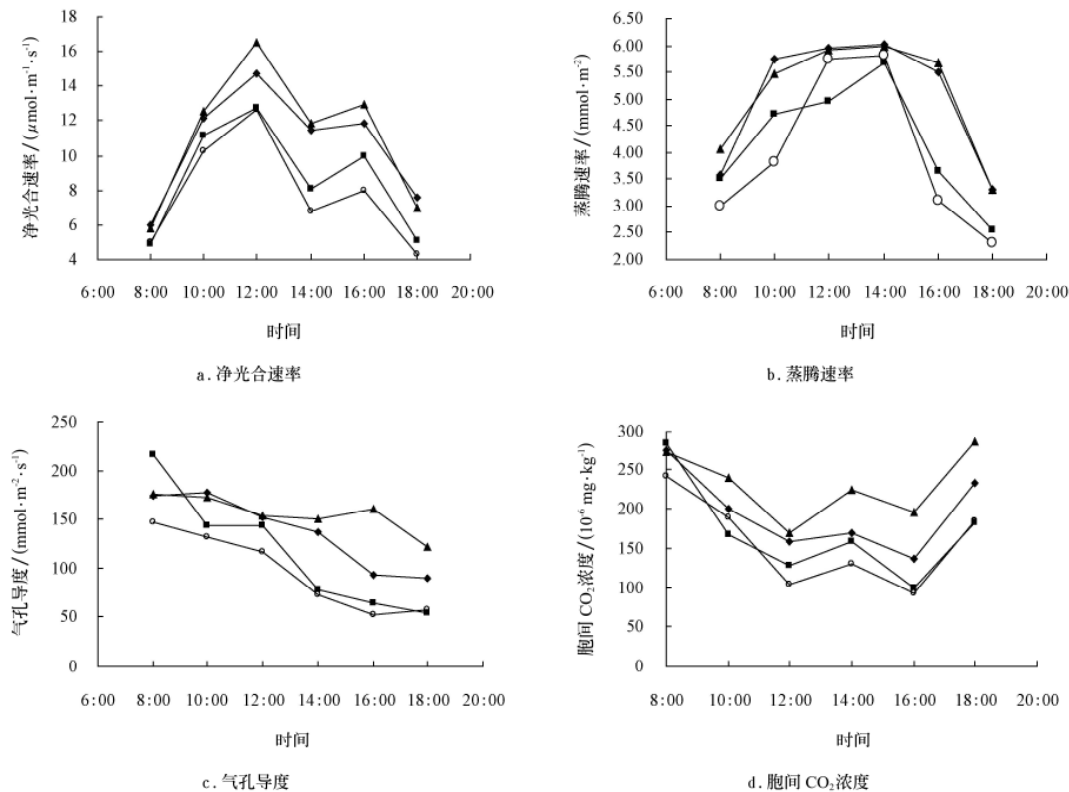


图 3 净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度日变化

Fig.3 Daily variations of net photosynthetic rate, evapotranspire rate, stomatic open degree and CO₂ concentration between cells

从净光合速率 (PN) 日变化图中可以看出, 在 1 d 内, X3、S2.7、S3.3、DD 的净光合速率均呈双峰曲线, 第 1 个峰值出现于 12:00, 净光合速率分别为 14.7、12.7、16.55、12.62 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$; 14:00 时出现“低谷”, 数值分别为 11.4、8.1、11.8、6.75 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$; 16:00 时出现第 2 次峰值, 数值分别为 11.81、10、12.9、8 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, 但第 2 次峰值明显低于第 1 次峰值。比较不同处理间的差

异, 发现净光合速率大小为 $X3 > S2.7 > S3.3 > DD$, 在任何时刻, DD 的净光合速率均明显低于其他 3 个处理。从总体上看, 从 8:00 至 18:00, X3 的净光合速率日累计值最大 (净光合速率日累计值即当日各次净光合速率之和), 达 66.59 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, S2.7 次之, 为 63.55 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, S3.3 小于 S2.7, 为 51.86 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, DD 的净光合速率日累计值最小, 只有 46.96 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。

蒸腾速率 (EVAP) 是反映作物需水状况的 1 个最基本信息, 土壤水分越少, 作物所含水率越少, 蒸腾速率就越低; 反之, 就越高。从蒸腾速率日变化图中得知, 4 个处理下, EVAP 日变化均呈单峰曲线, 峰值出现于 14:00, 大小顺序为 $X3 > S2.7 > S3.3 > DD$, 与光合速率日变化的大小顺序一致。

气孔是植物体与外界进行 H_2O 和 CO_2 等气体交换的重要门户, 同时也是气体交换的调节机构, 既能使光合作用所需的 CO_2 通过, 又能防止过多的水分散失^[9]。气孔导度 (GS) 与植株的水分状况密切相关, 如果水分充足, 气孔便开放; 水分不足, 则气孔开度就逐渐变小, 甚至完全关闭。因此, 气孔导度能作为判断作物水分亏缺状况的指标。从气孔导度日变化图中可以看出, 4 个处理下, 气孔导度从 8:00 至 18:00 一直呈下降趋势, 这是由于土壤水分在逐渐消耗, 植株所能利用的有效水分也逐渐减少所致。另外, 从图中还可以看出, 不同处理下的气孔导度日变化存在明显差别, X3 的气孔导度最大, S2.7 次之, S3.3 小于 S2.7, DD 的气孔导度始终处于最低水平。

叶片的光合作用受气孔因素和非气孔因素影响, 气孔因素指水分胁迫使气孔导度下降, CO_2 进入叶片受阻而使光合下降, 非气孔因素指光合器官光合活性下降。轻度或中度水分胁迫时气孔因素占主导作用, 严重胁迫时非气孔因素起主导作用^[10-13]。气孔因素是指气孔导度的改变影响了 CO_2 从大气向叶扩散的能力, 非气孔因素是指叶肉光合能力直接受到的影响。胞间 CO_2 浓度 (C_i) 值的大小是评判气孔限制和非气孔限制的依据^[14], PN、GS 和 C_i 值同时下降时, PN 的下降为气孔限制; 相反, 如果叶片净光合速率的降低伴随着 C_i 值的提高, 说明光合作用的限制因素是非气孔限制。从 PN、GS 和 C_i 日变化图中可以看出, GS 始终呈下降趋势, PN 和 C_i 则呈相反趋势, PN 增大时 C_i 减小, PN 减小时 C_i 增大, 可见在 4 种处理下, 光合速率的主导限制因素均为非气孔因素。

2.4 冠层温度

作物冠层是作物进行光合作用和蒸腾作用的重要场所, 冠层温度是作物生长的环境条件综合作用的结果, 它表示作物冠层茎、叶表面温度的平均值, 是指示可利用的土壤水分和作物水分状况的重要依据^[15-17]。当作物水分供应减少时, 蒸腾作用减缓, 蒸腾消耗热量减少,

显热通量增加, 引起冠层温度升高^[18]。已有研究表明作物冠层温度与产量有密切关系^[19-20]。4 个处理的冠层温度测定于 2008 年 8 月 8、9、10 日, 结果取其平均值。从冠层温度日变化图中可以看出, 各个处理的冠层温度日变化均呈单峰曲线, 峰值出现于 16:00。从 9:00 至 12:00, 各处理的冠层温度差异不明显, 12:00 之后, DD 的冠层温度最高, S3.3 次之, X3 的冠层温度最低。出现这一现象的原因是 DD 的土壤水分含量最低, 蒸腾作用最弱, 因蒸腾而消耗的热量最少, 显热通量增加最多, 致使冠层温度最高, 而 X3 的土壤水分含量高, 故冠层温度低。

2.5 产量

产量测定于 2008 年 8 月 24 日, 不同处理测产结果如下: S2.7、S3.3、X3、DD 4 个处理的果型指数 (果粒长宽比) 分别为 1.30、1.30、1.33、1.22; 百粒质量均值分别为 2.01 g (方差 0.33)、1.95 g (方差 0.26)、2.6 (0.41) 1.75 g (方差 0.21); 产量分别为 13 530、12 744、17 822、11 532 kg/hm^2 (图 5)。结合前面的分析结果, 发现 4 个处理中, 土壤含水率和葡萄植株生理指标最优的处理产量也最大。

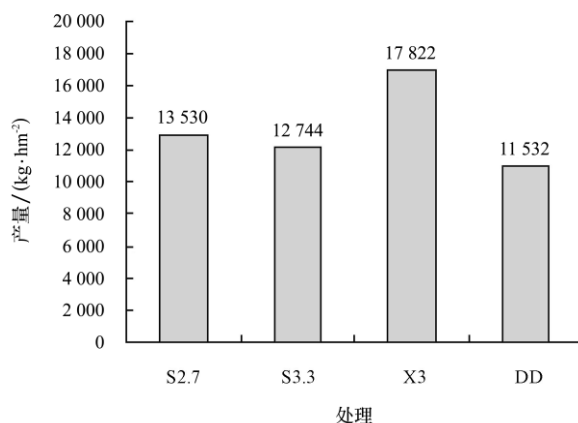


图 5 不同滴灌处理下葡萄产量

Fig.5 Yields at different treatments

2.6 含糖率

测产的同时, 也测定了葡萄品质, 图 6 显示了不同处理下的葡萄含糖率。从测定结果来看, S3.3 的含糖率最高, S2.7 次之, DD 低于 S2.7, X3 略小于 DD。

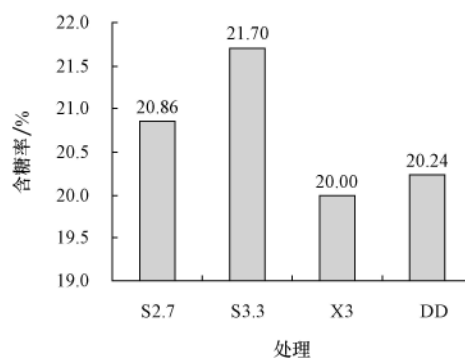


图 6 不同滴灌处理下葡萄含糖率

Fig.6 Sugar contents at different treatments

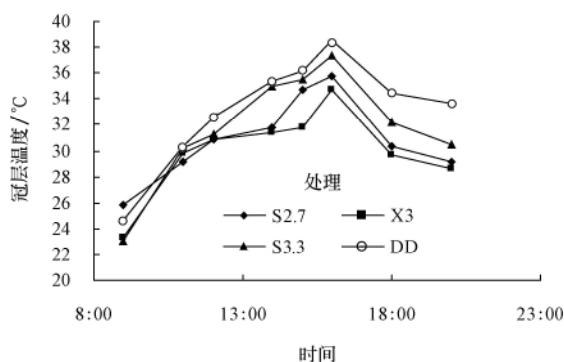


图 4 冠层温度日变化

Fig.4 Daily variations of canopy temperature

3 结 论

综合以上观测指标, 发现对于叶片相对含水率、光合作用、冠层温度、产量、品质这 5 个指标, 3 管布置、滴头流量 2.7 L/h 的前 4 项指标在 4 个处理中均为最优, 含糖率与 2 管布置、滴头流量 2.7 L/h 和 2 管布置、滴头流量 3.3 L/h 相比稍低, 但已经达到了 20%; 2 管布置、滴头流量 2.7 L/h 的各项指标均处于中上水平; 2 管布置、滴头流量 3.3 L/h 的前 4 项指标处于中下水平, 但品质处于中上水平; 无论是叶片相对含水率、还是光合、产量, 地下滴灌均比其他 3 个处理低。可见, 叶片相对含水率、光合作用、产量之间有一定的相关关系, 产量随这几个指标数值的增大而增大。4 个处理中, 3 管布置、滴头流量 2.7 L/h 达到了最优效果。

对于各处理间上述各项指标的差异, 究其原因, 在于不同处理水分含量不尽相同。3 管布置下, 水分分布较均匀, 土壤含水率始终处于最优状态, 有利于根系吸水; 2 管布置、滴头流量 2.7 L/h 的灌水均匀性比 3 管布置稍差; 2 管布置、滴头流量 3.3 L/h 的滴头流量大, 其湿润体比 2 管布置、滴头流量 2.7 L/h 的湿润体宽, 但湿润深度浅, 湿润体以下的根吸水困难; 地下滴灌的长势最差, 可能是因为该处理下土壤水分运动主要靠土壤吸力作用, 土壤湿润体较小, 不能覆盖葡萄吸收根范围。

综上所述, 虽然 4 个处理灌水定额和灌水周期相同, 但灌水效果因管道布置方式和系统技术参数而异, 相对于其他 3 个处理, 3 管布置、滴头流量 2.7 L/h 效果最佳, 其灌水技术要素为: 3 管布置、滴头流量 2.7 L/h, 滴头间距 30 cm, 灌水定额 450 m³/hm², 灌水周期 7 d。

参 考 文 献

- [1] 张亚哲, 申建梅, 王建中. 地面滴灌技术的研究现状与发展[J]. 农业环境与发展, 2007, (1): 20—26.
Zhang Yazhe, Shen Jianmei, Wang Jianzhong. Researching actuality and development of surface irrigation technique[J]. Agro-Environment & Development, 2007, (1): 20—26. (in Chinese with English abstract)
- [2] 热依汗·马木提. 滴灌技术在新疆节水灌溉中的应用[J]. 科技园地, 2007, (2): 79—80.
Reyihan-mmt. Application of drip irrigation technique in water-saving irrigation in Xinjiang[J]. Science and Technology Garden, 2007, (2): 79—80. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张丽英. 应大力发展滴灌技术[J]. 农业机械化与电气化, 2003, (3): 40—41.
Zhang Liying. Drip irrigation technique should be vigorously developed[J]. Agricultural Mechanization and Electrification, 2003, (3): 40—41. (in Chinese with English abstract)
- [4] Fekadu Y, Teshome T. Effect of drip and furrow irrigation and plant spacing on yield of tomato at Dire Dawa Ethiopia [J]. Agricultural Water Management, 1998, 35: 33—52.
- [5] Clark G A, Maynard D N. Vegetable production on various bed widths using drip irrigation[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1992, 8(1): 28—32.
- [6] 王舒, 李光永, 孟国霞, 等. 日光温室滴灌条件下滴头流量和间距对黄瓜生长的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 167—170.
Wang Shu, Li Guangyong, Meng Guoxia. Effects of dripper discharge and spacing on growth of cucumber in Chinese solar greenhouse under drip irrigation[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(10): 167—170. (in Chinese with English abstract)
- [7] 蔡焕杰, 邵光成, 张振华. 棉花膜下滴灌毛管布置方式的试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 45—48.
Cai Huanjie, Shao Guangcheng, Zhang Zhenhua. Lateral layout of drip irrigation under plastic mulch for cotton[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(1): 45—48. (in Chinese with English abstract)
- [8] 杜维广, 张桂茹, 满为群. 大豆光合作用与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 1999, 18(2): 154—159.
Du Weiguang, Zhang Guiru, Man Weiqun. Study on relationship between soybean photosynthesis and yield. Soybean Science, 1999, 18(2): 154—159. (in Chinese with English abstract)
- [9] 杜太生, 康绍忠, 夏桂敏, 等. 滴灌条件下不同根区交替湿润对葡萄生长和水分利用的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 43—47.
Du Taisheng, Kang Shaozhong, Xia Guimin, et al. Response of grapevine growth and water use to different partial root-zone drying patterns under drip irrigation[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(11): 43—47. (in Chinese with English abstract)
- [10] 谢深喜, 熊兴耀, 张秋民. 水分胁迫对爱宕梨幼苗光合生理特性的影响[C]//全国第四届梨科研、生产与产业化学术研讨会论文集, 2005: 239—241.
Xie Shenxi, Xiong Xingyao, Zhang Qiumin. Effect of water stress on the photosynthetic and physiological characteristics of the Aidang pear[C]//The Fourth National Symposium on Scientific Research, Producture and Industrialization of Pear, 2005: 239—241. (in Chinese with English abstract)
- [11] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rcv Plant Physiol, 1982, 33: 317—345.
- [12] Ferreira R B, Shaw N M. Effect of osmotic stress on protcinturnover in Lemna minorfrond[J]. Planta, 1989, 179: 456—465.
- [13] 李嘉瑞, 任小林, 王民柱. 干旱对果树光合的影响及水分胁迫信息传递[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(3): 67—72.
Li Jiarui, Ren Xiaolin, Wang Minzhu. Effect of drought on photosynthesis and signal transfor of water stress in friut trees[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1996, 14(3): 67—72. (in Chinese with English abstract)
- [14] 曹慧, 周磊. 水分胁迫下非气孔因素对葡萄叶片光合作用的影响[J]. 潍坊学院学报, 2007, 7(2): 56—59.
Cao Hui, Zhou Lei. Effects of nonstomatal factors on photosynthesis in grape seedling leaves under water stress[J]. Journal of Weifang University, 2007, 7(2): 56—59. (in Chinese with English abstract)
- [15] Wiegand W L, Namken L N. Influence of plant moisture stress, solar radiation, and air temperature on cotton leaf temperature[J]. Agron J, 1996, 58, 582—586.

- [16] 蔡焕杰, 张振华, 柴红敏. 冠层温度在诊断覆膜作物水分状况中的应用[J]. 灌溉排水, 2000, 20(1): 1—4.
Cai Huanjie, Zhang Zhenhua, Chai Hongmin. Application of canopy temperature in diagnosing water status of film-covered crops[J]. Irrigation and Drainage, 2000, 20(1): 1—4. (in Chinese with English abstract)
- [17] 汪小岳, 丁为民, 罗卫红, 等. 长江中下游地区夏季温室黄瓜冠层温度模拟与分析研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 196—200.
Wang Xiaochan, Ding Weimin, Luo Weihong, et al. Simulation and analysis of cucumber canopy temperature in greenhouse in Yangtze River delta during summer[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 196—200. (in Chinese with English abstract)
- [18] 梁银丽, 张成峨. 冠层温度-气温差与作物水分亏缺关系的研究[J]. 生态农业研究, 2000, 8(1): 24—26.
Liang Yinli, Zhang Cheng'e. The relationship between discrepancy of canopy and air temperature and crop water deficiency[J]. Eco-Agriculture Research, 2000, 8(1): 24—26. (in Chinese with English abstract)
- [19] 朱云集, 李向阳, 郭天财, 等. 小麦灌浆期间冠层温度与产量关系研究[J]. 河南科学, 2004, 22(6): 798—801.
Zhu Yunji, Li Xiangyang, Guo Tiancai, et al. Study on connection between wheat canopy temperature and yield in filling stage[J]. Henan Science, 2004, 22(6): 798—801. (in Chinese with English abstract)
- [20] 赵鹏, 王长发, 苗芳, 等. 小麦籽粒灌浆期冠层温度与产量相关性状的关系[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(12): 138—142.
Zhao Peng, Wang Changfa, Miao Fang, et al. Relation between wheat canopy temperature and traits related to yield in grain filling stage[J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2007, 35(12): 138—142. (in Chinese with English abstract)

Characteristics of grape growth under drip irrigation condition in extremely arid regions

Yang Yanfen¹, Wang Quanjiu^{1,2*}, Bai Yungang³, Cai Junshe⁴, Zeng Chen²

(1. Water Resources Institute of Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry Land Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resources, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

3. Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower Research, Urumqi 830049, China;

4. Xinjiang Grapes and Melons Research and Development Centre, Shanshan 838201, China)

Abstract: Soil moisture is different under different layout style of drip irrigation pipeline, which will affect crop growth and its yield. In this study, soil moisture and water physiological indexes under different treatments during grape ripeness were measured and analyzed in order to investigate the effect of layout style of pipeline and technical parameters of drip irrigation system on grape's growth, yield and select the optimal technique parameters of drip irrigation that suitable for TuHa Basin. The results show that the treatment with three surface drip irrigation pipelines, outlet flow of 2.7 L/h and the distance of 30 cm between the emitters has the optimal results. Under the condition of this treatment, soil moisture, grape's water physiological indexes and yield all reach a higher level.

Key words: irrigation, soil moisture, arid regions, drip irrigation, layout style of pipeline, technique parameters of drip irrigation, water physiological indexes of grape, yield