

极端干旱区不同滴灌条件下葡萄 叶水势的变化及其与主要生态因素关系的研究

刘洪波^{1,2}, 白云岗², 张江辉², 虎胆·吐马尔白¹

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049)

摘 要: 在极端干旱条件下, 以成龄无核白葡萄为材料, 采用滴灌灌水技术, 研究了不同水分处理下葡萄叶水势的日变化特征以及与生态因素间的关系。结果表明: 不同水分处理下叶水势的日变化趋势大致相同, 均为清晨最高, 中午达到最低点, 下午开始回升; 各处理葡萄的叶水势与土壤含水量之间呈正相关, 且中水 ($7\,950\text{ m}^3/\text{hm}^2$) 处理的叶水势与土壤含水量之间达到极显著水平; 不同水分处理下不同生态因素对叶水势的影响作用不同, 在对照 ($27\,000\text{ m}^3/\text{hm}^2$) 处理和高水 ($14\,775\text{ m}^3/\text{hm}^2$) 处理下直接影响葡萄叶水势日变化的最重要的生态因素是大气相对湿度, 大气温度在中水和低水 ($5\,850\text{ m}^3/\text{hm}^2$) 处理下的葡萄叶水势日变化中直接作用最大, 且大气相对湿度在各处理中的总作用均为最大。

关键词: 葡萄; 叶水势; 土壤含水率; 生态因素

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0139-05

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。水势是植物水分亏缺或表示水分状况的一个指标, 可作为合理灌溉的生理指标^[1], 在作物水分生理的研究中, 作为植物水分状况的最佳度量, 叶水势在一定程度上能够反映植物各种生理活动受环境水分条件的制约程度, 广泛地用于植物水分亏缺程度的诊断指标^[2]。国内外很多学者针对不同的研究环境开展了许多关于叶水势的变化规律及其影响因素的研究, 如李成有^[2~4]等对小麦、玉米等作物的研究表明, 在不同的作物和不同的保护性耕作措施下气象因子对叶水势日变化的影响作用不同, 佟长福^[5]和田丽^[1]通过对紫花苜蓿和侧柏以及刺槐的研究, 建立了叶水势与气象因子间的定量关系, Mark^[6~8]等对葡萄叶水势与产量、品质以及花青素等之间的关系进行了研究, 同时有研究表明在不同供水条件下, 冬小麦叶水势与冠层气温差、作物水分胁迫指数相关显著^[9,10], 在喷灌条件下叶水势对影响因子变化的敏感性降低, 当返青后灌水量超过 150 mm 时, 灌水量对叶水势的影响减小^[11,12], 不同的干旱和水分胁迫条件下叶水势在不同果树不同生长期内也会表现出不同的变化^[13~17]。由现有研究可知, 叶水势作为合理灌溉的生理指标不仅与区域和水分直接相关, 同时还受

到作物及气象因素等影响, 为此, 本试验通过对不同灌溉定额条件下葡萄叶水势的日变化规律及其主要生态因素关系的研究, 旨在确定葡萄节水丰产的水分精量调控指标, 为极端干旱的吐哈盆地葡萄生产水分高效管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验条件

试验地点位于新疆吐鲁番地区鄯善县的新疆葡萄瓜果开发研究中心试验基地, 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 $2\,751\text{ mm}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 以上积温为 $4\,522.6 \sim 5\,548.9^\circ\text{C}$, 全年日照时数 $2\,900 \sim 3\,100\text{ h}$, 平均日较差为 $14.3^\circ\text{C} \sim 15.9^\circ\text{C}$, 最大可达 $17^\circ\text{C} \sim 26.6^\circ\text{C}$, 无霜期为 192 ~ 224 d。土壤质地主要为砾石沙壤土。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。

1.2 试验设计

试验采用地面滴灌灌溉方式, 设高水 W_1 ($14\,775\text{ m}^3/\text{hm}^2$)、中水 W_2 ($7\,950\text{ m}^3/\text{hm}^2$) 和低水 W_3 ($5\,850$

收稿日期: 2011-02-21

基金项目: 国家科技支撑计划 (2011BAD29B05); 新疆自治区科技攻关项目 (200931105); 水利部公益性行业科研专项 (201001066)

作者简介: 刘洪波 (1982—), 男, 湖北天门人, 硕士生, 主要从事节水灌溉技术研究。E-mail: lhb090@163.com。

通信作者: 白云岗 (1974—), 男, 新疆奇台人, 在读博士生, 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。

m^3/hm^2) 3 个不同的水分处理,灌溉周期分别为 5 d, 9 d 和 14 d。对照(CK)为常规沟灌,灌溉定额采用当地常规生产灌溉量为 $27\ 000\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。每个处理设 2 个重复,每个试验处理小区面积 $0.028\ \text{hm}^2$ 。

1.3 试验内容与方法

1.3.1 葡萄叶片水势 采用 PMS 压力室水势仪测定叶水势,于 2010 年葡萄成熟初期选择 3 d(7 月 1 日~7 月 3 日)晴朗天气连续观测,从 8:00 至 20:00 每 2 h 测一次,测定部位为主葡萄枝从下往上数第三叶,即倒三叶功能叶,每处理测 6 片,取其平均值。

1.3.2 土壤含水率 采用 TRIM-IPH 中子仪,在 2010 年 7 月 1 日、7 月 2 日和 7 月 3 日上午 8:00 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 气象因子 监测仪器选用的美国 COMP-BELL 公司生产的气象监测系统,主要观测项目包括辐射、大气温度、大气相对湿度、平均饱和水汽压、风速等,系统全天候自动观测,20 min 观测 1 次。

2 结果与分析

2.1 不同灌水处理土壤含水率变化

由图 1 可以看出,CK 的土壤含水率最大,随着深度的增加而逐渐减小,同时 CK 在 20~80 cm 深度均高于其它 3 个处理对应深度的含水率,在 100 cm 深度略低于 W_1 ,而且 CK 与 W_1 在各深度上的土壤含水率均比较接近, W_2 次于 W_1 , W_3 土壤含水率最低且在各深度均处于最低水平。可见,灌溉定额对土壤含水量影响显著,4 个不同处理中,CK 与 W_1 的土壤含水率十分接近,均处于最高状态,其次是 W_2 ,而 W_3 的土壤含水率在各个深度都最低。

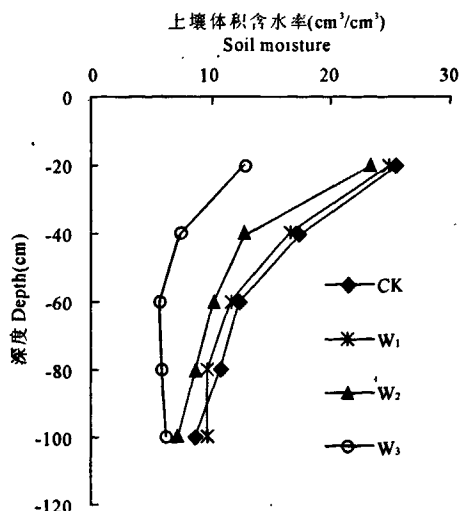


图 1 不同灌水处理土壤含水率

Fig.1 Soil moisture in different irrigation treatments

2.2 不同灌水处理下葡萄叶片水势日变化规律

图 2 为葡萄成熟初期的叶片水势在(7 月 1 日~7 月 3 日,取三天同一时间段平均值)晴天时的日变化。由图可以看出,叶水势日变化均呈现出明显的单峰变化规律,4 个处理均为 8:00 最高,其中对照处理 CK 最大,其次是处理 W_1 和 W_2 , W_3 最低,叶水势最高值分别为 -0.6 、 -0.69 、 $-0.76\ \text{MPa}$ 和 $-0.87\ \text{MPa}$;在 14:00 时达到一天中的最小值,其值分别为 -1.28 、 -1.16 、 $-1.20\ \text{MPa}$ 和 $-1.24\ \text{MPa}$ 。由于不同处理受灌溉定额的影响,其叶水势日变化呈现出明显的规律性,表现为,CK 最大, W_1 和 W_2 次之, W_3 最小,4 个不同处理的叶水势均在 8:00 取得各自最大值,然后随着时间的推移而下降,在 14:00 时达到最低,之后再逐渐回升,在 20:00 时的叶水势均接近各自 8:00 的水平。这是由于清晨光照弱、气温低且蒸腾耗水少,所以叶水势较高,而随着光照的增强及气温的升高,作物为满足不断增加的蒸腾耗水所以叶水势呈下降趋势,正午过后光照强度逐渐减弱,蒸腾速率相应减小,叶水势开始回升。

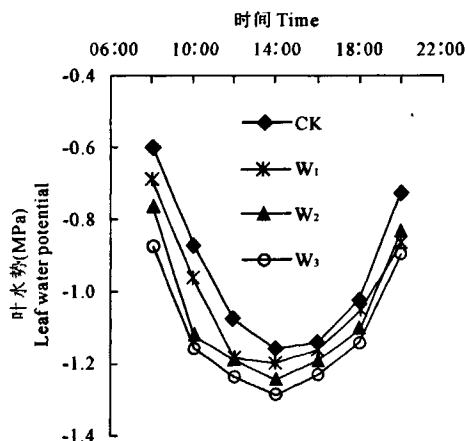


图 2 不同灌水处理叶水势日变化

Fig.2 The daily change of leaf water potential in different irrigation treatments

2.3 叶水势与生态因子的关系

2.3.1 不同灌水处理葡萄叶片水势和土壤含水量的关系 在植物的 SPAC 系统中,水分由土壤经植物散发到大气中,叶水势与土壤水势形成的水势差是其水分运动的源动力,土壤含水量的变化直接对叶水势产生影响,作物叶水势在白天变化过程中受大气因子的影响较大,而清晨的叶水势主要受土壤水分的影响^[2]。因此,对不同灌水处理下 8:00 的葡萄叶水势与对应时段 0~40 cm 平均土壤含水量进行二次多项式回归分析(表 1),结果表明:不同灌水处理下葡萄叶片水势与土壤含水量之间呈正相关,

其中 W₂ 处理下叶水势与土壤含水量之间达到极显著水平, W₃ 处理下葡萄叶水势与土壤含水量达显著水平。

表 1 不同灌水处理下葡萄叶片水势和土壤含水量的相关分析

Table 1 Relationship between leaf water potential of grape and soil water content under different irrigation treatments		
处理 Treatment	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
CK	$\Psi_L = -0.727\psi^2 + 0.026\psi + 4.04$	0.895*
W ₁	$\Psi_L = 2.671\psi^2 - 0.085\psi - 21.673$	0.889*
W ₂	$\Psi_L = 0.411\psi^2 - 0.011\psi - 4.803$	0.984**
W ₃	$\Psi_L = 0.06\psi^2 + 0.0024\psi - 2.194$	0.955*

注:8:00 的测定指标; Ψ_L 为叶水势; ψ 为平均土壤水体积分数; * 代表 0.05 水平的显著性; ** 代表 0.01 水平的显著性。

Note: The indicators are determined at 8:00 am; Ψ_L : Leaf water potential; ψ : Mean volume fraction of soil; *: Significant difference at 0.05 level; **: Significant difference at 0.01 level.

2.3.2 不同灌水处理葡萄叶片水势与气象因子的关系 气象因子是影响植物叶水势日变化规律的重要因素。植物叶水势在一天的变化中呈现先减小后增大的总体趋势,这种变化规律与大气温度、太阳辐射、大气相对湿度及饱和水压差日变化密切相关^[2]。从图 3(a)可知,叶水势的变化趋势与大气温度的变化趋势相反,即叶水势随着气温的升高而下降,气温越高,叶水势越低,且当气温达到最高时叶水势降到最低。叶水势与太阳辐射之间的关系图如图 3(b)所示,随着太阳辐射的增强叶水势随之减小。由图 3(c)可知,叶水势的变化趋势与相对湿度的变化趋势相同,叶水势随着湿度的增大而增大,当湿度达到最大时叶水势也达到最大。图 3(d)所示为叶水势与水汽压关系图,如图示,当水汽压升高时叶水势降低,在水汽压最低时叶水势取得最大值,反之水汽压最大时叶水势取得最小值。

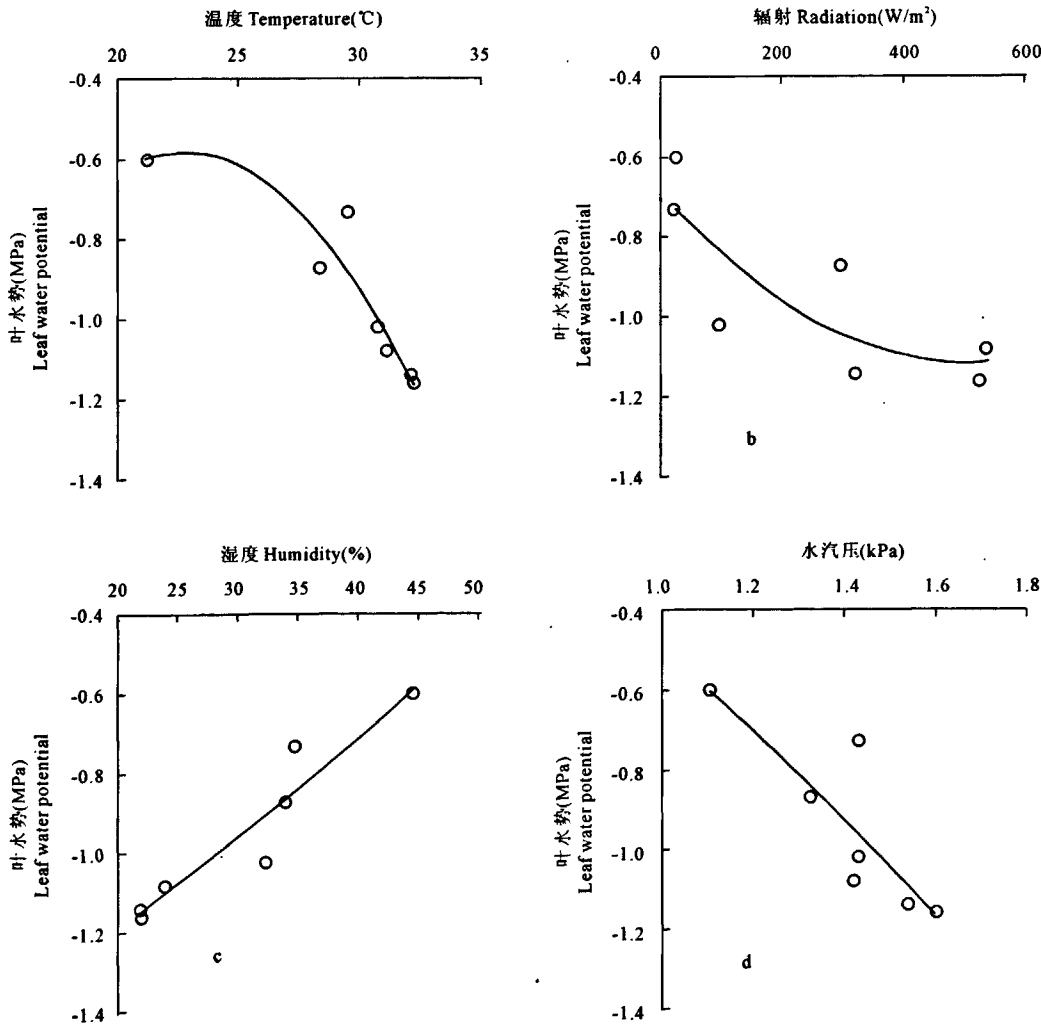


图 3 不同灌水处理叶水势与气象因素的关系

Fig.3 Relationship of grape leaf water potential and weather factors in different irrigation treatments

为了探讨气象因子对葡萄叶水势影响的综合效应,运用多元线性回归分析方法,分析了不同灌水处理下叶水势与大气温度(T_a)、太阳辐射(R)、大气相

对湿度(RH)以及平均饱和水汽压(e_s)4个气象因子之间的回归关系,具体结果见表2。

表 2 不同灌水处理下葡萄叶片水势和气象因子的回归关系

Table 2 Correlation between leaf water potential of grape and metrological factors under different irrigation treatment

处理 Treatment	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	F 值 F value
CK	$\Psi_L = -1.59 - 0.016T_a - 0.000026R + 0.023RH + 0.316e_s$	0.907	4.895
W ₁	$\Psi_L = -1.175 - 0.026T_a + 0.014RH + 0.374e_s$	0.967	14.446
W ₂	$\Psi_L = -0.722 - 0.037T_a + 0.004RH + 0.503e_s$	0.874	3.466
W ₃	$\Psi_L = -1.147 - 0.022T_a + 0.007RH + 0.398e_s$	0.863	3.137

由表2可看出W₁的相关系数最大,其F值也最大,表示拟合关系最好,其次是CK,同时由表中的回归方程可看出,只有处理CK的回归方程里包含了所要分析的全部4个气象因子,其余三个回归方程里均缺少了太阳辐射因子,表示太阳辐射对W₁、W₂及W₃处理的叶水势没有显著效应。

用通径分析能有效而直观地表示相关变量间原因对结果的直接效应和间接效应。4个气象因子对作物叶水势影响的通径分析结果表明(表3):大气相对湿度对CK和W₁叶水势正效应直接作用影响最大,其直接通径系数分别为(0.876、0.630),其次是大气温度的负效应作用(-0.291、-0.521)和水汽压正效应作用(0.233、0.314),最小为太阳辐射的负效应作用(-0.026、-0.185)。由于大气温度、水

汽压和太阳辐射的直接通径系数均小于各自通过大气相对湿度的间接通径系数,表明这三者对葡萄叶水势日变化的直接影响小于它们通过大气相对湿度的间接影响,且通径分析结果表明,太阳辐射的直接通径系数较小,说明其对叶水势影响的直接作用较小,不是影响叶水势日变化的主要原因,而是引起大气相对湿度变化的主要因素,且总作用变化与直接作用一致,由此可见,对于CK处理和W₁处理,大气相对湿度在葡萄叶水势日变化中起主要作用;对处理W₂和W₃葡萄叶水势日变化直接影响最大的气象因子是大气温度的负效应作用,其值分别为(-0.739、-0.515),其次是太阳辐射负效应作用(-0.493、-0.475)、水汽压正效应作用(0.424、0.381)和大气相对湿度正效应作用(0.196、0.371)。

表 3 不同灌水处理下葡萄叶片水势与气象因子的通径系数

Table 3 Path coefficients between grape leaf water potential and metrological factors under different irrigation treatments

处理 Treatment	气象因子 Metrological factor	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect				总作用 Total effect
			$T_a \rightarrow \Psi$	$R \rightarrow \Psi_L$	$RH \rightarrow \Psi$	$e_s \rightarrow \Psi_L$	
CK	T_a	-0.291		-0.0150	-0.7910	0.2223	-0.8752
	R	-0.026	-0.1730		-0.7190	0.1333	-0.7851
	RH	0.876	0.2628	0.0213		-0.2090	0.9502
	e_s	0.233	-0.2770	-0.0140	-0.7890		-0.8488
W ₁	T_a	-0.521		-0.1101	-0.5689	0.2996	-0.9004
	R	-0.185	-0.3100		-0.5172	0.1796	-0.8326
	RH	0.630	0.4705	0.1519		-0.2829	0.9694
	e_s	0.314	-0.4970	-0.1058	-0.5676		-0.8565
W ₂	T_a	-0.739		-0.2933	-0.1770	0.4045	-0.8048
	R	-0.493	-0.4397		-0.1609	0.2425	-0.8511
	RH	0.196	0.6673	0.4048		-0.3820	0.8860
	e_s	0.424	-0.7050	-0.2820	-0.1766		-0.7396
W ₃	T_a	-0.515		-0.2826	-0.3350	0.3635	-0.7692
	R	-0.475	-0.3064		-0.3046	0.2179	-0.8681
	RH	0.371	0.4650	0.3900		-0.3433	0.8827
	e_s	0.381	-0.4913	-0.2717	-0.3343		-0.7163

太阳辐射、水汽压和大气相对湿度的直接途径系数均小于各自通过大气温度得到的间接途径系数,说明这三者对葡萄叶水势日变化的直接影响小于它们通过大气温度的间接影响,可见,大气温度在处理 W_2 和 W_3 的在葡萄叶水势日变化中起主要作用,同时由表3可知,各因子对叶水势的间接作用使得各因子对叶水势的直接作用与总作用在程度上发生变化,如大气温度的负效应直接作用第一,但受到间接作用的影响,总作用达到第三,大气相对湿度的正效应直接作用第四,但受到间接作用的影响,总作用达到第一,再如水汽压的正效应直接作用第三,由于间接作用的影响,总作用达到第四,可见间接作用不容忽视。

3 结 论

4个不同水分处理的葡萄叶水势日变化均表现为先减小后增大的一致趋势,均为8:00最高,14:00最低,20:00时回升到8:00时的水平。不同处理中,对照处理的叶水势最高,低水处理最低,高水和中水处理居中。通过对叶水势与土壤含水量之间的二次多项式回归分析表明,各处理8:00的叶水势与同时段0~40 cm平均土壤含水量之间呈正相关,其中 W_2 和 W_3 处理下的葡萄叶水势与土壤含水量分别为极显著相关和显著相关,其次是CK和 W_1 处理。

影响葡萄叶水势日变化的主要生态因素由于因子的不同而有所差异。对照和高水处理下葡萄叶水势日变化直接影响作用最大的生态因子是大气相对湿度,其次是大气温度、水汽压和太阳辐射;大气温度对中水和低水处理下葡萄叶水势日变化的直接影响作用最强,其次是太阳辐射、水汽压和大气相对湿度,但大气相对湿度对各处理的总作用均为最大。

综上所述,叶水势与土壤含水量以及生态因子之间存在显著的相关关系,由以上分析可得出,大气相对湿度和土壤含水量分别对高水和中水处理下葡萄叶水势的影响最为显著,说明叶水势能在一定程度上反映土壤水分状况,可以作为选择指导灌溉的一个重要指标。

参 考 文 献:

- [1] 田 丽,王进鑫,庞云龙.不同供水条件下气象因素对侧柏和刺槐叶水势的影响[J].西北林学院学报,2008,23(3):25—28.
- [2] 李成有,张仁陟,蔡立群,等.不同保护性耕作措施下旱作春小麦和豌豆叶水势及其影响因素的研究[J].甘肃农业大学学报,2010,45(1):89—93.
- [3] 康绍忠,刘晓明,王振镓.冬小麦叶片水势、气孔阻力、蒸腾速率与环境因素的关系[J].灌溉排水,1991,10(3):1—6.
- [4] 张 鸣,张仁陟,蔡立群.不同耕作措施下春小麦和豌豆叶水势变化及其与环境因子的关系[J].应用生态学报,2008,19(7):1467—1474.
- [5] 佟长福,郭克贞,史海滨,等.环境因素对紫花苜蓿叶水势与蒸腾速率影响的初步研究[J].农业工程学报,2005,21(12):152—155.
- [6] Mark A. Matthews, Michael M. Anderson. Fruit ripening in vitis vinifera l. responses to seasonal water deficits[J]. American Journal for Enology and Viticulture, 1988, 39(4): 313—320.
- [7] Intrigliolo D S, Castel J R. Vine and soil - based measures of water status in a Tempranillo vineyard[J]. Vitis, 2006, 45(4): 157—163.
- [8] J Girona, M Mata, J. del Campo, et al. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards[J]. Irrigation Science, 2006, 24: 115—127.
- [9] 陈四龙,张喜英,陈素英,等.不同供水条件下冬小麦冠气温差、叶片水势和水分亏缺指数的变化及其相互关系[J].麦类作物学报,2005,25(5):38—43.
- [10] 付春晓,陶 莉,郭景山,等.冬小麦叶水势变化规律研究[J].安徽农业科学,2007,35(25):7787—7788.
- [11] 高 鹭,胡春胜,陈素英.喷灌条件下不同灌水处理冬小麦的叶水势特征[J].土壤,2005,37(5):410—414.
- [12] 姚素梅,康跃虎,刘海军.喷灌条件下冬小麦灌浆期叶水势日变化及其影响因子研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):1—6.
- [13] 王清泉,陈 云,谢 虹,等.干旱和氮素交互作用对玉米叶片水势、气孔导度及根部 ABA 与 CTG 合成的影响[J].中国农学通报,2004,20(3):20—21,32.
- [14] 杨鑫光,傅 华,张洪荣,等.水分胁迫对霸王苗期叶水势和生物量的影响[J].草业学报,2006,15(2):37—41.
- [15] 史胜青,孙晓光,王 颖,等.水分胁迫对4树种幼苗叶水势和持水力的影响[J].河北农业大学学报,2009,32(6):24—28.
- [16] 何洪光,魏 勇.水分胁迫对苹果叶水势及叶绿素含量的影响[J].防护林科技,2009,6:15—16.
- [17] 冉辛拓,郝宝锋,张新生.干旱过程中苹果茎水势和叶水势的变化研究[J].河北农业科学,2009,13(4):16—17,21.

(英文摘要下转第150页)

Research on transport and accumulation characteristics of soil salinity of cotton field under film mulched drip irrigation in arid areas

Hudan·Tumaerbai¹, YI Peng-fei^{1,2}, WANG Yi-min¹, ZHANG Jin-zhu¹, WU Zheng-guang¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Yili Normal University, Yili, Xinjiang 835000, China)

Abstract: Experiments were conducted to study different drip rate, irrigated water amount, irrigation scheduling and irrigation years on the characteristics of the soil salinity transport and accumulation. The results showed that the smaller drip rate, the less soil salinity on the single infiltration section and interference infiltration section; With the increase of the drip rate, the soil salinity has a increasing tendency when further and further away from single infiltration section or interference infiltration section. Through comparison of the soil water content in the same wetness level, the soil salinity was bigger in the interference infiltration section than in the single infiltration section. At the same drip rate, the more the water drops, the deeper the soil salinity could move. High frequency of irrigation effectively reduced the salinity of root area, while the treatment of low frequency made a big change in salinity, and it showed a accumulating phenomenon at the growth period. When the quantity of drip irrigation increased from 3 300 to 3 900 and 4 500 m³/hm², the peak value of salinity moved deeper from 60 to 80 and 100 cm. With the long lasting of drip irrigation, the 0 ~ 100 cm soil salinity showed a increasing tendency. The accumulated layer of soil salt were moved to the topsoil, and the 0 ~ 100 cm salinity showed significant difference ($P < 0.05$) between cotton fields with 6 ~ 7 a difference of drip irrigation lasting.

Keywords: drip rate; wetted front; soil salinity; accumulation; drip irrigation under the mulching; years of irrigation lasting

(上接第 143 页)

Grape leaf water potential changes and their relationship with major ecological factors under drip irrigation in extreme arid region

LIU Hong-bo^{1,2}, BAI Yun-gang², ZHANG Jiang-hui², Hudan·Tumaerbai¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830049, China)

Abstract: In extremely dry conditions, with mature Thompson seedless grape as research material, drip irrigation technology was used to study the effects of different water treatments on vine leaf water potential variation and their relations with various ecological factors. The results showed that: the effects of different water treatments on leaf water potential are roughly at the same trend, highest in the early morning, lowest at noon, beginning to rise in the afternoon; in each treatment grape leaf water potential has positive correlation with soil moisture content, and it reaches a significant level in medium water (7 950 m³/hm²) treatment. Various ecological factors have different impact on leaf water potential in each treatment: relative atmospheric humidity is the most important factor influencing the daily change of grape leaf water potential in the control (27 000 m³/hm²) treatment and high water (14 775 m³/hm²) treatment; while air temperature has the most significant direct effect on the daily change of grape leaf water potential in the medium water and low water (5 850 m³/hm²) treatments; and relative atmospheric humidity has the greatest total effect in each treatment.

Keywords: grape; leaf water potential; soil water content; ecological factor