

根际土壤湿度和叶幕微气候对葡萄 叶片水分代谢影响的模拟分析*

李连国 李晓燕 刘志华

(内蒙古农牧学院园艺系 呼和浩特 010018)

摘 要 在盆栽条件下取得初级数据以后进行数学模拟和分析。结果表明:根际土壤湿度对葡萄叶片水分代谢过程影响显著。根际土壤湿度与叶片水势(ψ_{WL})、气孔扩散阻力(R_s)、蒸腾速率(T_r)的关系可用相应的 Logistic 方程表示。方程的拐点被定义为根际土壤湿度阈值。根际土壤湿度对叶片水分代谢的进程也有影响。供水充足的植株,叶片蒸腾速率(T_r)在一日内都维持较高水平,呈单峰曲线型。而水分亏缺植株,则表现出明显的“午休”现象,且一日内蒸腾作用很弱。叶幕微气候诸因子对葡萄叶片水分代谢的影响作用较为复杂,基本遵循多元线性相关关系。建立了 R_s 、 T_r 与叶幕微气候诸因子的关系模型。进一步分析了葡萄根际土壤湿度阈值漂移与叶幕微气候因子的关系,结果表明:随光照增强、温度升高、湿度下降,阈值增大。

关键词 葡萄;根际土壤湿度;叶幕微气候;水分代谢

植物生长在不同的自然环境条件下,环境因子对植物的生长发育影响很大。探讨根际土壤湿度及叶幕微气候与葡萄水分代谢之间的关系,对进一步认识干旱逆境条件下葡萄植株的适应能力和生长发育状况具有重要意义。用盆栽的方法控制根际土壤湿度、研究葡萄水分代谢生理,是研究水分生理的一种行之有效的途径。用数理统计的分析方法对试验结果进行分析并建立模拟模型,是一种有益的探索。目前,对植物气孔扩散阻力(R_s)、蒸腾速率(T_r)、叶面水势(ψ_{WL})与环境因子之间关系的研究较多^[1-4],但涉及到葡萄的甚少^[5,6]。

本试验采用盆栽和田间相结合的方法,在正常管理条件下取得初级数据,采用数学分析的方法进行结果分析,建立葡萄叶片 R_s 、 T_r 、 ψ_{WL} 三项水分代谢指标与根际土壤湿度及微域环境因子之间的模拟模型。以期为西北沙地葡萄的生产提供一些理论依据,并为进一步研究沙地葡萄的水分代谢生理探索一条新途径。

1 材料和方法

1.1 试材

2 年生盆栽“贝达”葡萄,常规技术管理。

1.2 方法

选 12 盆生长势相对一致的葡萄植株,测定前 2 天对根际土壤湿度进行控制,采用根际土壤湿度为 20%、40%、60%、80% 四个梯度,3 次重复,每盆选生长相对一致的 3 个枝条,每枝选 3、4、5 节位具有完全功能的叶片进行测定。

气孔扩散阻力(R_s)、蒸腾速率(T_r)、光照(L_x)、叶幕内空气湿度(RH)、叶幕内空气温度

本文于 1994—10—27 收到;1995—04—15—修回。

* 系国家自然科学基金资助项目“西北沙地葡萄生态生理及产量品质形成规律研究”的一部分。

(T)用美国朗格仪器公司生产的 Li—1600 稳态气孔仪测定。

叶片温度用 95 型半导体点温计测定。

根际土壤湿度用烘干称重法测定,为使土壤水分处在相对稳定的状态下,测定前用塑料薄膜包裹花盆。

初级数据在 RAC—286 机上处理。

2 结果与分析

2.1 根际土壤湿度对葡萄叶片 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 的影响及根际土壤湿度阈值

2.1.1 根际土壤湿度对葡萄叶片 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 的影响 从图 1 可以看出,不同的根际土壤湿度下,葡萄叶片 R_s 、 T_r 及 ψ_{WL} 总的变化趋势是:随着根际土壤湿度的提高, ψ_{WL} 值增高, R_s 变小, T_r 增大;土壤湿度从 20%增至 40%以及从 60%增至 80%, ψ_{WL} 、 R_s 及 T_r 只有微小的变化,而土壤湿度从 40%增至 60%时,以上三项指标却发生极大的变化,经方差分析,差异达到极显著水平。可见 40%至 60%的根际土壤湿度是显著影响植株水分代谢过程的土壤湿度区间范围。进一步对 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 与根际土壤湿度的关系进行数学模拟,结果表明:葡萄叶片 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 与根际土壤湿度的关系符合 Logistic 方程,分别建立模拟模型如下:

$$Y_{\psi_{WL}} = -27.1113 / (1 + 0.0448e^{0.03276x})$$

$$Y_{R_s} = 46.6967 / (1 + 0.02e^{-0.08x})$$

$$Y_{T_r} = 6.7119 / (1 + 95.2781e^{-0.08398x})$$

其中 X 代表根际土壤湿度, $Y_{\psi_{WL}}$ 、 Y_{R_s} 、 Y_{T_r} 分别为 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 对 X 的响应值。经 F 测验均达显著水平,证明该 Logistic 方程确实存在。对三个 Logistic 方程分别求拐点结果如下:

$$X_{O\psi_{WL}} = 52.7112, X_{OR_s} = 49.4714, X_{OT_r} = 54.2605$$

拐点值的生物学意义是:它代表了对葡萄叶片水分代谢三个指标 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 产生最大影响的根际土壤湿度点值。根际土壤湿度在拐点值附近任何微小的变化都会对葡萄植株水分代谢产生巨大的影响,因此,定义模型拐点值为根际土壤湿度阈值。不难看出,根际土壤湿度阈值即是水分利用最经济、最有效的点。如果以低于阈值的土壤湿度来追求省水,那将以叶片水分代谢严重失调、植株受害为代价;而高于阈值去求得高产将以过多的水分浪费为代价。平均 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 与根际土壤湿度之间的三个 Logistic 模型的拐点,得到贝达葡萄根际土壤湿度阈值为 52.15%,生产中葡萄土壤湿度不应低于 52.15%。结合图 1 可见,在水源充足地区,葡萄园土壤湿度应保持在 52.15%—60.00%之间,以求较活跃的同化进程。

2.1.2 不同根际土壤湿度下葡萄叶片 R_s 、 T_r 的日变化特点 由于微域环境因子的影响,葡萄叶片 R_s 、 T_r 的日变化呈现周期性,而不同根际土壤湿度下,葡萄植株则表现出各自的日变化特点(图 2、图 3)。

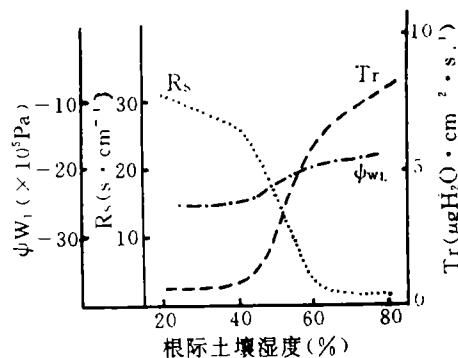


图 1 不同根际土壤湿度下葡萄叶片 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 的变化

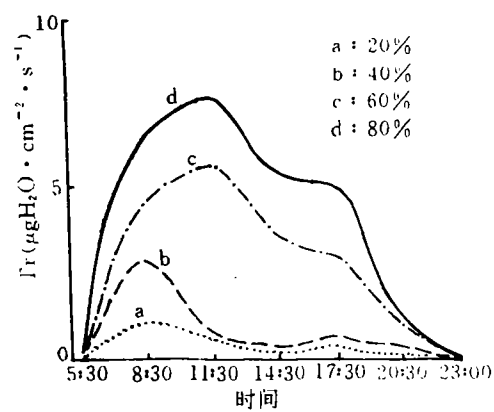


图2 不同根际土壤湿度下葡萄叶片 T_r 的日动态

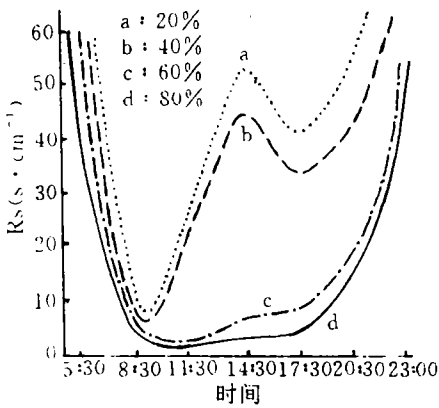


图3 不同根际土壤湿度下葡萄叶片 R_s 的日动态

葡萄叶片 T_r 的大小直接反映了植株水分代谢的活跃程度^[7],也能间接地反映出植株 CO_2 同化能力。从图2看出,供水充足(60%和80%)的葡萄植株在一天中始终能维持较高的蒸腾作用,为单峰曲线型;而供水不足(20%和40%)的葡萄植株除在8:30和17:30前后出现两个较小的峰值以外,整个日照时间内水分代谢表现出极不活跃状态,这种蒸腾作用的“午休”现象必然要导致光合作用的“午休”,从而限制了同化产物的形成。

由图3可见,葡萄叶片气孔扩散阻力 R_s 与蒸腾速率 T_r 呈相反的变化趋势,即供水充足,叶片气孔阻力 R_s 在一天内保持较小值;而供水不足, R_s 较大。

2.2 叶幕微气候与葡萄叶片水分代谢及根际土壤湿度阈值的关系

2.2.1 叶幕微气候因子与葡萄叶片的蒸腾强度及气孔阻力 叶幕微域环境因子包括叶温(T_L)、叶幕内气温(T)、叶幕表层光照强度(L_x)及叶幕内空气湿度(RH)等,它们共同对葡萄叶片的水分代谢起作用。

从附表可以看出,叶温、光照、叶幕温度、湿度均影响 R_s 、 T_r 的变化,随光照的增强叶温、叶幕温度的升高以及叶幕湿度的降低, R_s 迅速减小, T_r 急速上升。用数理统计的方法进行分析,

附表 叶幕微域环境因子对 R_s 、 T_r 的作用

测定时间	叶幕内空气 温度(℃)	叶温(℃)	湿度(%)	光照(l_x)	R_s ($s \cdot cm^{-1}$)	T_r ($\mu gH_2O \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$)
5:30	17.0	16.0	56	130	极大	极小
8:30	24.0	23.8	45	56000	4.1	4.65
11:30	30.6	30.6	35	130000	3.0	5.72
14:30	35.0	35.5	24	133000	6.8	3.36
17:30	31.4	31.3	30	64000	8.2	3.00
20:00	29.3	23.9	36	18000	18.7	1.01
22:00	25.5	25.0	47	极小	极大	极小

结果表明, R_s 和 T_r 与环境因子的关系呈多元线性相关,不同时间、不同微域环境因子影响 R_s 、 T_r 的程度不一致。本文指出在8:30影响 R_s 和 T_r 的主要因子是光照、叶温和气温,分别建立回归方程如下:

$$Y_{R_s}=28.6746+0.0037X_1-0.3059X_2-0.5850X_3-0.9073X_4$$

$$Y_{T_r}=1.5531-0.0001X_1+0.0975X_2+0.3675X_3+0.1698X_4$$

其中 X_1 :叶幕内空气湿度; X_2 :叶温; X_3 :叶幕内空气温度; X_4 :光照。

2.2.2 叶幕微气候与葡萄根际土壤湿度阈值

漂移 本文已经明确根际土壤湿度与葡萄叶片 ψ_{WL} 、 R_s 、 T_r 关系的拐点值为根际土壤湿度阈值。本试验中得到根际土壤湿度阈值是在试验地特定时刻(11:30)得到的。但在不同的叶幕微气候作用下,阈值的大小也会发生变化(图4)。我们称不同叶幕微气候作用下阈值的变化为“阈值漂移”。

从图4可以看出,阈值漂移的基本规律是:叶幕光照弱,温度低,湿度大时,阈值较低;反之,随叶幕内光照加强,温度升高,湿度下降,阈值随之升高。这一规律的发现,给葡萄生产一个重要启示:在不同的生态条件下,葡萄植株维持正常水分代谢所要求的根际土壤湿度不同。在低温、光照不足、多湿地区,葡萄植株对根际土壤湿度的要求很低;而在强光、干燥、炎热地区,葡萄植株对土壤水分的要求相对较高。因此在不同生态区域内栽培葡萄不能一概而论,必须制定相应的灌溉指标。

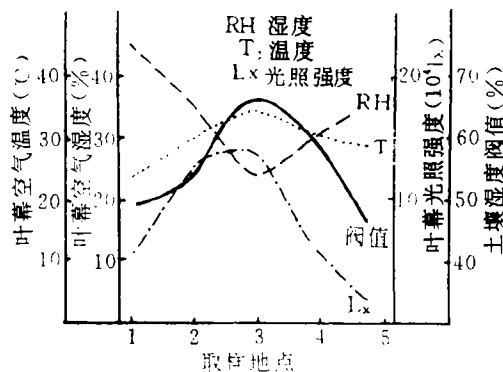


图4 叶幕微气候因子与葡萄根际土壤湿度阈值关系

参 考 文 献

- 1 高岩. 环境因子对白刺叶片气孔扩散阻力与蒸腾速率影响的模拟模型及分析. 干旱资源与环境, 1990, 23(2): 73—82
- 2 荆家海, 马书尚. 大田玉米、高粱、芝麻、豇豆叶片水势蒸腾速率气孔阻力对环境因素的反应. 西北植物学报, 1990, 10(1): 8—16
- 3 王仲春, 黄镇, 罗新书. 几种果树蒸腾强度和气孔阻力的日变化与抗旱性的关系. 山东农业大学学报, 1988, 19(1): 39—40
- 4 汪光义. 果树水分状况及其与蒸腾、光合的关系. 山东农业大学学报, 1988, 19(1): 77—82
- 5 汪光义. 葡萄叶水分状况和蒸腾、气孔扩散阻力、光合的关系研究. 落叶果树, 1989, (3): 34—35
- 6 张大鹏, 姜成后. 北京地区葡萄几种主要栽培方式的叶幕微气候和植物水分关系的研究. 中国农业科学, 1990, 23(2): 73—82

Simulated Analysis of Effects of Soil Moisture and Canopy Microclimate on Leaf Water Metabolism in Grape

Li Lianguo, Li Xiaoyan, and Liu Zhihua

(Department of Horticulture, Inner Mongolia Agriculture and Hursbandry College, Huhehaote 010018)

Abstract

Methemetical simulated analysis were taken for studying the influence of soil moisture and canopy microclimate on the leaf water potential in grape. The relationships between the soil moisture and the leaf water potential, stomatal resistance, transpiration may be expressed by a logistical equation. The curve of day transpiration rate revealed a single peak when the soil moisture content was high enough, but it revealed a bi-peak and remained low all day when the soil moisture content was low. The relationship between the corner shift and the microclimate are discussed.

Key Words Grape; Soil moisture; Canopy microclimate; Leaf water potential