

相对湿度对黄瓜叶片光合特性的影响

张婷华¹ 杨再强^{1,2*} 李叶萌¹ 张波¹

(1 南京信息工程大学江苏省农业气象重点实验室, 南京 210044; 2 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

摘要 以黄瓜“津优 1 号”为试材, 于 2011 年 4 月在南京信息工程大学进行人工环境控制试验, 设计 8 个相对湿度梯度, 用 LI-6400 进行光合参数的测定, 系统研究不同相对湿度处理对黄瓜叶片光合特性的影响。结果表明: 黄瓜叶片的净光合速率和胞间 CO_2 浓度随着相对湿度的减小而降低; 气孔导度、蒸腾速率和叶片的水分利用效率在相对湿度为 75% 时达到最大; 而气孔限制值在相对湿度为 75% 时降到最低; 黄瓜叶片最大光合作用速率 ($P_{\max}$) 与空气相对湿度呈指数关系: $P_{\max} = 2.2375e^{1.89085f_{\text{RH}}}$; 随空气相对湿度的减小, 黄瓜叶片的表现量子效率、光饱和点均降低, 而光补偿点增加; 相关分析表明, 净光合速率与叶面水汽压差呈负相关, 而与气孔导度、胞间 CO_2 浓度、相对湿度、蒸腾速率均呈正相关, 且相关性均达到极显著水平。

关键词 相对湿度 光合作用 净光合速率 黄瓜

引言

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是中国冬春和秋冬季节设施栽培的主要蔬菜作物, 其经济价值高, 栽培面积广。空气相对湿度直接影响黄瓜生长发育和产量、品质的形成, 如果空气相对湿度过高, 黄瓜植株容易滋生病害, 湿度过低, 株叶片气孔关闭不利光合作用进行, 因此对温室环境湿度的调控尤其重要。

近年来, 国内外有关空气相对湿度对植物的生理生态过程和机能的影响有一些报道^[1-3], Jesus 等^[4]研究表明, 空气湿度减少和土壤灌溉水分亏缺引起作物叶片组织脱水和气孔导度值降低; 尤伟忠等^[5]认为湿度对两个东方百合品种的植株生长和发育有显著影响, 高湿度增加了叶面积, 但是推迟了开花期, 缩短了切花瓶插寿命, 加速了叶片衰老。国内外关于黄瓜生长发育与光照、温度、水分等因子关系有较多研究^[6-8], 而相对湿度对黄瓜光合特性的研究较少^[9-10], Curt^[11]研究表明, 低相对湿度下, 黄瓜叶片和芽的病虫害较少, 而相对湿度过高, 会发生病虫害。本试验以黄瓜品种“津优 1 号”为试材, 利用

人工环境控制试验, 研究不同空气相对湿度对黄瓜叶片光合特性的影响, 以期对日光温室黄瓜栽培与管理提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2011 年 4 月在南京信息工程大学农业气象试验站进行, 供试品种为黄瓜“津优 1 号” (*Cucumis sativus* L. cv. Jinyou 1), 采用营养钵育苗, 土壤为中性砂壤土。待黄瓜幼苗长到 3 叶 1 心至 4 叶 1 心时选取长势一致的幼苗, 移栽到直径 20 cm 高 25 cm 的花盆中。本试验在黄瓜结果期, 选取长势良好且相近的植株, 放入人工气候箱 (TPG1260, Australian) 进行湿度控制, 空气相对湿度分别设置为: 95%、85%、75%、65%、55%、45%、35%、25% 共 8 个处理, 每处理设置 3 个重复。在每天 08:00—18:00, 温度设定为 28 °C, 光合有效辐射设定在 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 其他时段, 温度设定 20 °C, 光合有效辐射设为 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。分别在不同湿度处理后第 1、3、5、7、9 天测定各参数。试验期间, 保持

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

公益性行业(气象)科研专项(GYHY(QX) 201206024、GYHY(QX) 201006028), 江苏省科技支撑项目“江苏省设施农业气象灾害预警及防御技术研究”(BE2010734), 江苏高校优势学科建设工程(PAPD)资助

作者简介: 张婷华, 女, 1989 年生, 硕士研究生, 主要从事农业气象研究, Email: betty123609@sina.com

收稿日期: 2012 年 8 月 25 日; 定稿日期: 2013 年 5 月 13 日

* 通信作者, Email: yzq@nuist.edu.cn

盆中水分和养分条件在正常水平。

1.2 测定方法

1.2.1 光合参数的测定

用 LI-6400 便携式光合作用测定系统在上午 09:00—11:00, 选取植株上从上往下数第 3 片叶, 测定黄瓜叶片的光合参数, 每片叶读取 3 次数值, 取 3 次的平均值。同时测定光响应曲线, 测定时设计 CO_2 体积分数为 $(380 \pm 10) \times 10^{-6}$, 光强梯度设计: 2000、1600、1400、1200、1000、800、600、400、200、100、50、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 等 12 个水平, 光响应曲线测定由 LI-6400 内置程序自动完成。

1.2.2 计算方法

绘制光合作用的光响应曲线, 在光强为 0~200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内, 通过线性回归求出光响应直线方程的斜率, 即表观量子效率。利用直角双曲线型的数学表达式^[12], 可以计算黄瓜的光饱和点和光补偿点。

$$P = A_q I P_{\max} / (A_q I + P_{\max}) \quad (1)$$

式中, I 为光量子通量密度 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); A_q 为表观量子效率, 即弱光下光响应曲线的斜率; $P_{\max}$ 为最大净光合作用速率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

水分利用效率和气孔限制值分别用许大全^[13]和 Berry J 和 Bjorkman O^[14]的方法计算。

$$\text{水分利用效率} = \text{光合速率} / \text{蒸腾速率} \quad (2)$$

$$\text{气孔限制值} = 1 - \frac{\text{胞间 } \text{CO}_2 \text{ 浓度}}{\text{大气中 } \text{CO}_2 \text{ 浓度}} \quad (3)$$

式中, 水分利用效率单位为 $\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$; 光合速率单位为 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 蒸腾速率单位为 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 胞间 CO_2 浓度单位为 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$; 大气中 CO_2 浓度为 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

采用 Microsoft Excel 软件和 SPSS 软件进行处理数据和制图。

2 结果与分析

2.1 相对湿度对黄瓜叶片净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度和气孔导度的影响

图 1a 是不同相对湿度下黄瓜叶片净光合速率 9 天的平均值。由图可以看出不同相对湿度下黄瓜叶片的净光合速率差异较大, 相对湿度为 95% 时, 净光合速率最大, 为 $8.64 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 随着空气相对湿度降低, 净光合速率逐渐下降。相对湿度降至 25% 时, 净光合速率最低, 为 $2.596 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

植物叶片的气孔是植物水分蒸腾和气体交换的门户。图 1b 是 9 天中相对湿度对黄瓜叶片气孔导度影响的平均值。由图可以看出, 相对湿度低于 75% 时, 气孔导度随相对湿度的增加而越大, 相对湿度为 75% 时气孔导度达到最大, 为 $0.179 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 当相对湿度超过 75% 时, 气孔导度反而降低。说明相对湿度过大, 气孔阻抗会增加。

不同相对湿度对黄瓜的胞间 CO_2 浓度 9 天平均值的的影响见图 1c, 由图可以看出, 随着空气相对湿度的减小, 黄瓜叶片的胞间 CO_2 浓度不断降低。相对湿度为 95% 时, 胞间 CO_2 浓度最大, 为 $327 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当相对湿度降到 25% 时, 此时黄瓜的胞间 CO_2 浓度降到最低, 为 $166 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

图 1d 是不同相对湿度黄瓜叶片 9 天蒸腾速率的平均值。由图可以看出, 相对湿度低于 75% 时, 蒸腾速率随相对湿度增加而增大, 相对湿度为 75% 时, 蒸腾速率达最大, 为 $2.540 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当相对湿度超过 75% 后, 蒸腾速率反而下降。这是由于相对湿度过大, 气孔阻抗有所增加, 气孔水分子扩散速度降低。

2.2 相对湿度对黄瓜叶片水分利用效率和气孔限制值的影响

水分利用效率表征植物对自身蒸腾耗水的利用能力, 气孔运动机制是作物水分利用效率的生理基础^[15]。由图 2a 可以看出, 水分利用效率随着相对湿度的增加而增大。相对湿度为 25% 时, 水分利用效率为 $1.969 \mu\text{mol}/\text{mmol}$; 水分利用效率在相对湿度为 85% 时达到最大, 为 $3.852 \mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。当相对湿度达到 95% 时, 水分利用效率反而降低, 为 $2.657 \mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。说明当相对湿度过高, 黄瓜叶片不利于蒸腾作用进行。

不同相对湿度下黄瓜叶片的气孔限制值见图 2b, 由图可以看出, 相对湿度为 25% 时的气孔限制值最大, 为 0.561; 随着相对湿度的增加, 气孔限制值有微小波动的变化, 但是总体趋势是不断下降。相对湿度增加到 75% 时, 气孔限制值下降到最低, 为 0.181。当相对湿度继续增加, 气孔限制值有所增加, 相对湿度为 95% 时的气孔限制值为 0.213。

2.3 不同相对湿度对黄瓜叶片光响应曲线的影响

不同相对湿度处理黄瓜的光响应曲线及光合参数见表 1。由表 1 可知, 最大净光合速率、表观量子效率随相对湿度的增加而增大。处理第 1 天, 相对

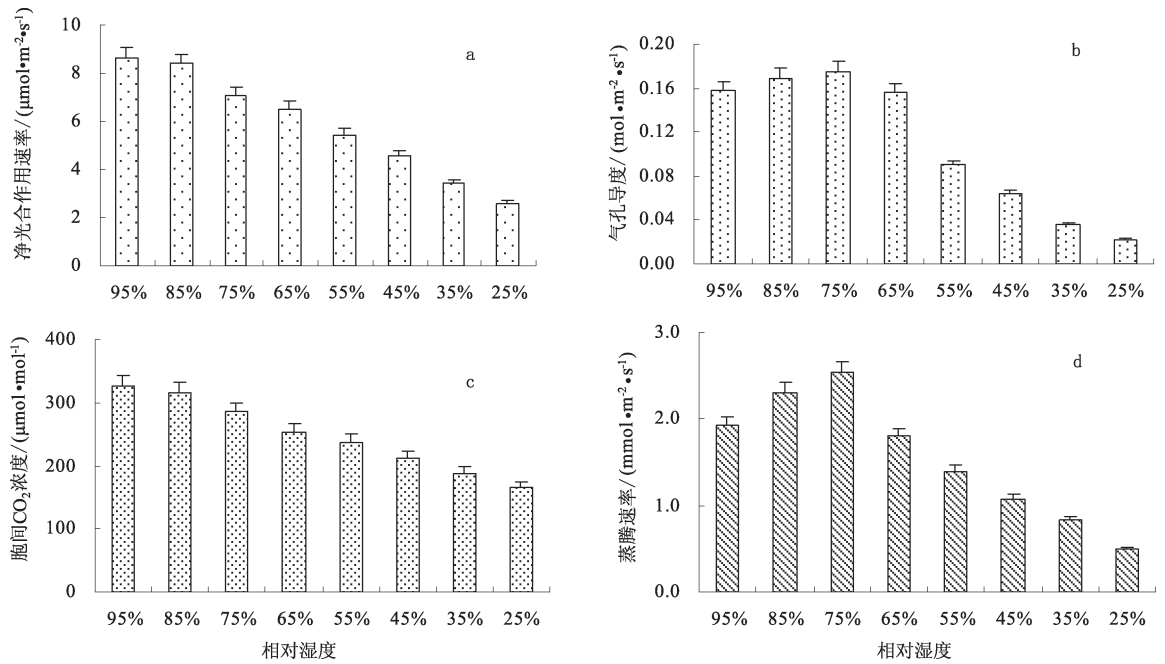


图 1 不同相对湿度下黄瓜的光合参数

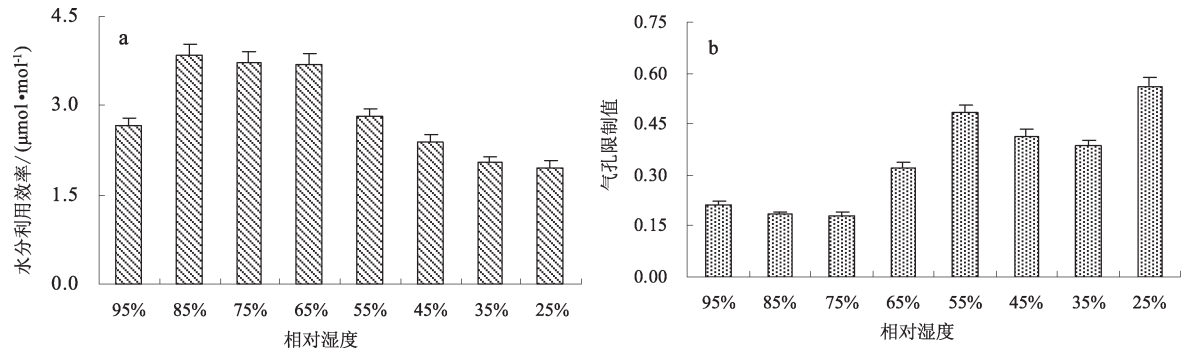


图 2 不同相对湿度下的水分利用效率和气孔限制值

湿度为 95% 的最大净光合速率、表观量子效率最大, 分别为 $14.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.017 \mu\text{mol}\cdot\mu\text{mol}^{-1}$; 而相对湿度为 25% 下的最大净光合速率、表观量子效率最低, 仅为 $4.57 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.0099 \mu\text{mol}\cdot\mu\text{mol}^{-1}$ 。说明相对湿度过低, 黄瓜叶片在弱光区的光合能力下降, 光能转化效率明显降低。

利用各相对湿度下的黄瓜叶片最大净光合速率数据, 拟合得到最大净光合速率与空气相对湿度的关系模型:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 2.2375e^{1.89085f_{\text{RH}}} \\ R^2 &= 0.951^{**}, \\ S_e &= 0.452 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned} \tag{4}$$

其中 $P_{\max}$ 为最大光合速率 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), f_{RH} 为

相对湿度增加。 ** 表示在 0.01 水平上相关, 表明最大光合速率和空气相对湿度存在较显著的指数正相关关系, 说明低相对湿度抑制黄瓜叶片光合能力。

植物光合作用光饱和点与补偿点显示了植物叶片对强光和弱光的利用能力^[16]。由表 1 可以看出, 随相对湿度增加, 光补偿点降低, 光饱和点增加。处理第 1 天, 相对湿度为 95% 的黄瓜叶片光补偿点和光饱和点分别为 $52.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $1434.1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 而相对湿度为 25% 的光补偿点和光饱和点分别为 $118.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $1032.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。说明高相对湿度影响了黄瓜叶片对光照的适应能力, 相对湿度过低使叶片抵御强光的能力明显下降。

表 1 不同相对湿度下黄瓜叶片的光合参数

光合参数	相对湿度	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 9 天
最大净光合速率 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	95%	14.20±1.67a	13.92±2.48a	13.83±2.67a	13.62±1.74a	12.94±2.09a
	85%	11.70±2.05b	12.01±1.33b	12.30±1.46a	12.80±1.87b	12.98±1.44a
	75%	8.99±0.99c	9.19±0.75c	9.39±1.01b	9.59±0.92c	9.79±0.83c
	65%	8.09±0.63c	8.16±0.73c	8.48±0.56b	8.77±0.62c	8.69±0.77c
	55%	5.81±0.71d	5.61±0.66d	5.41±0.56c	5.21±0.48d	5.10±0.77d
	45%	5.25±0.47d	5.23±0.33d	5.16±0.59c	5.21±0.62d	5.07±0.42d
	35%	4.82±0.54d	4.54±0.41d	4.22±0.38c	4.06±0.33e	4.04±0.29e
	25%	4.57±0.76d	4.56±0.64d	4.09±0.44c	3.89±0.55e	3.74±0.45e
表观量子效率 $\mu\text{mol}\cdot\mu\text{mol}^{-1}$	95%	0.0176±0.0023a	0.0159±0.0027a	0.0095±0.0011a	0.0093±0.0008b	0.0090±0.0009c
	85%	0.0088±0.006c	0.0091±0.0007b	0.0096±0.0009a	0.0149±0.0014a	0.0164±0.0011a
	75%	0.0078±0.0005c	0.0090±0.0008b	0.0092±0.0007a	0.0139±0.0009a	0.0158±0.0010a
	65%	0.0081±0.0007c	0.0088±0.0008b	0.0090±0.0007a	0.0148±0.0012e	0.0122±0.0008b
	55%	0.0132±0.0011b	0.0100±0.0008b	0.0088±0.0007b	0.0086±0.0007b	0.0090±0.0007c
	45%	0.0122±0.0010b	0.0099±0.0005b	0.0085±0.0004b	0.0086±0.0006b	0.0084±0.0005c
	35%	0.0101±0.0009b	0.0101±0.0007b	0.0082±0.0005b	0.0083±0.0006b	0.0090±0.0004c
	25%	0.0099±0.0006b	0.0098±0.0005b	0.0076±0.0007c	0.0075±0.0006b	0.0074±0.0007d
光补偿点 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	95%	52.3±4.4e	55.5±6.7f	57.4±5.3e	64.2±5.8e	72.6±7.7d
	85%	64.4±7.9e	62.2±6.6e	60.5±5.8d	58.6±6.2f	57.4±7.4e
	75%	69.7±7.8e	67.3±8.4e	65.4±7.5d	64.1±7.9e	62.8±6.3d
	65%	75.5±8.4d	72.4±5.3d	70.7±6.2d	69.5±7.7d	70.2±8.4d
	55%	85.1±9.5c	86.1±7.8d	88.3±8.1c	89.2±6.4c	89.8±9.6c
	45%	92.9±8.8c	93.7±7.4c	96.3±6.5c	95.1±7.3c	98.2±7.5c
	35%	106.4±11.8b	107.5±12.5b	107.8±9.8b	109.4±9.3b	113.4±12.2b
	25%	118.3±10.7a	120.3±12.6a	121.5±11.5a	124.4±11.3a	127.6±10.4a
光饱和点 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	95%	1434.1±122.6a	1425.5±158.9a	1417.8±179.5a	1410.1±166.3a	1361.4±123.8a
	85%	1289.7±138.8a	1312.6±117.6b	1319.7±91.7b	1321.3±89.8b	1327.4±118.9a
	75%	1218.3±89.9b	1224.5±118.2c	1230.3±95.6c	1232.6±107.3c	1246.4±125.0b
	65%	1197.6±95.5b	1210.7±117.3c	1214.6±92.4c	1224.4±105.8c	1235.5±121.4b
	55%	1187.6±99.4c	1174.2±97.6d	1168.4±89.5d	1163.5±93.3d	1157.5±87.7c
	45%	1154.3±100.7d	1137.4±88.5d	1119.9±95.7d	1128.5±91.4d	1114.2±94.3c
	35%	1085.1±78.5e	1078.4±82.6e	1073.7±109.5e	1068.8±85.4e	1052.4±87.3d
	25%	1032.2±99.4f	1012.5±113.4f	1008.4±124.6f	985.5±96.3f	978.6±87.8e

注:表中数据为 3 次测定平均值±标准误,小写字母表示利用邓肯新复极差法检验在 $p=0.05$ 水平下差异显著性。凡相差不显,标以 a,直至某一个与之相差显著的平均数则标以 b,以此类推。

2.4 黄瓜净光合速率与生理因子的关系

黄瓜净光合速率与生理因子进行相关性分析结果见表 2,由表 2 可知,净光合速率与叶面水汽压差呈负相关,而与气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、相对湿度、蒸腾速率(*Tr*)均呈正相关,且相关性均达到极

显著水平。

以黄瓜净光合速率(*Y*)为因变量,以气孔导度(*X*₁)、胞间 CO₂ 浓度(*X*₂)、相对湿度(*X*₃)、蒸腾速率(*X*₄)、饱和水汽压差(*X*₅)为自变量,以 0.05 和 0.1 可靠性作为变量入选和剔除临界值,黄瓜叶片

净光合速率和各影响因子的多元回归方程为：

$$Y = 1.02117 + 7.18389 X_1 + 0.00255 X_2 + 5.84126 X_3 + 0.32054 X_4 - 0.22883 X_5 \quad (5)$$

其中 $R_{0.01} = 0.997$, 说明因变量与自变量间存在较强的线性相关关系。

表 2 黄瓜叶片净光合速率与不同生态因子的相关系数

要素	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度	相对湿度	蒸腾速率	叶面水汽压差	净光合速率
气孔导度						
胞间 CO ₂ 浓度	0.996 **					
相对湿度	0.993 **	0.998 **				
蒸腾速率	0.934 **	0.907 **	0.899 **			
叶面水汽压差	−0.029	−0.082	−0.089	0.197		
净光合速率	0.993 **	0.995 **	0.995 **	0.910 **	−0.094	

注：**表示在 0.01 水平上显著相关。

3 结果和讨论

光合作用是植物对环境变化很敏感的生理过程。研究植物的光合作用与空气湿度的关系,对深入认识不同植物的光合生态生理特性,具有重要意义^[17]。空气湿度通过影响气孔的开闭而影响植物的蒸腾,进而影响黄瓜的蒸腾作用和光合作用。

蒸腾是作物重要的生理活动,它既促进作物体内的水分传输与物质输送,减弱其温度的变化幅度,又保证作物进行光合作用之需要^[18]。空气湿度强烈制约着植物的蒸腾作用^[19]。段国晟^[16]对蓝果忍冬的研究表明,不同空气湿度下蓝果忍冬的蒸腾速率发生显著变化,空气湿度越低净光合速率就越低。本试验条件下,当相对湿度为 25%,气孔开度最小,蒸腾速率最低,水分利用效率也降到最低。说明相对湿度过低,导致过强的空气蒸发能力使植物体剧烈失水,植物根系得不到充足的水分供应,叶片的气孔开张度缩小而减少蒸腾失水,因此蒸腾速率较小。然而当相对湿度过高,本试验中达到 95%时,蒸腾速率反而下降,气孔开度减小,水分利用效率也下降,说明在高相对湿度条件下黄瓜叶片对水分利用效率降低,不利于蒸腾作用进行。

薛义霞等^[20]对番茄的研究表明,相对湿度达 50%—60%(中湿处理)时,番茄叶片的净光合速率有所提高,但效果不显著,继续加湿使空气相对湿度达 70%(高湿处理)时,则显著提高了番茄叶片的净光合速率以及全天的净光合累积量。本研究建立的模型中,最大光合速率和空气相对湿度存在较显著的指数正相关关系,说明较高的相对湿度利于植物的生长,而相对湿度过低,则限制了黄瓜叶片光合潜

力的发挥,最大光合能力被抑制。

本次试验由于盆栽的局限性,植物通过庞大的根系来维持水分的吸收以适应环境的机制就不能很好的表现出来。此外,本研究仅仅考虑了相对湿度对黄瓜叶片光合速率的影响,今后还需进一步考虑相对湿度与太阳辐射等其他环境因子相结合对植物光和速率的影响,为设施农业提供更加完善的依据。

参考文献

[1] Kudoyarova G R, Veselov D S, Faizov R G. Stomata response to changes in temperature and humidity in wheat cultivars grown under contrasting climatic conditions [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2006, 1: 46-49.

[2] Mortensen L M, Gislerød H R. Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars [J]. Scientia Horticulture, 1999, 82: 289-298.

[3] Leuschner C. Air humidity as an ecological factor for woodland herbs: leaf water status, nutrient uptake, leaf anatomy, and productivity of eight species grown at low or high vpd levels [J]. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 2002, 197: 262-274.

[4] Sanchez-Blanco M J, Ferrandez T, Navarro A, et al. Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of Rosmarinus officinalis plants during and after transplanting [J]. Journal of plant physiology, 2004, 161: 1133-1142.

[5] 尤伟忠, Hans Kok, 房伟民, 等. 空气湿度对东方百合生长和切花品质的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(4): 527-532.

[6] Kaukoranta T, Murto J, Takala J, et al. Detection of water deficit in greenhouse cucumber by infrared thermography and reference surfaces [J]. Scientia Horticulturae, 2005, 106: 447-463.

[7] Zhao X H, Nishimura Y, Fukumoto Y, et al. Effect of high temperature on active oxygen species, senescence and photo-

synthetic properties in cucumber leaves [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 70: 12-216.

[8] Rolf I P, Sissel T, Hans R G. Effects of leaf aging and light duration on photosynthetic characteristics in a cucumber canopy [J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 125: 82-87.

[9] Jensen P, Kylin A. Effects of ionic strength and relative humidity on the efflux of K^+ (^{86}Rb) and Ca^{2+} (^{45}Ca) from roots of intact seedlings of cucumber, oat and wheat [J]. *Physiologia Plantarum*, 1980, 50(2): 199-207.

[10] 艾希珍, 张振贤, 何启伟, 等. 日光温室主要生态因子变化规律及其对黄瓜光合作用的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(1): 41-46.

[11] Leben C. Relative humidity and the survival of epiphytic bacteria with buds and leaves of cucumber plants [J]. *Ecology and Epidemiology*, 1988, 78(2): 179-185.

[12] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. *Annual Review of Plant Physiology*, 1982, 33: 317-345.

[13] 许大全. 光合作用气孔限制分析[J]. *植物生理学通讯*, 1997, 33(4): 241-244.

[14] Berry J, Bjorkman O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants [J]. *Annual Review Plant Physiology*, 1980, 31: 491-543.

[15] 任三学, 赵花荣, 姜朝阳, 等. 土壤水分胁迫对冬小麦旗叶光合特性的影响[J]. *气象科技*, 2010, 38(1): 114-119.

[16] 段国晟. 空气湿度对蓝果忍冬生长及生理特性影响的初步研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010, 1-39.

[17] Sanchez M, Garcia J L, Antoliin M C, et al. Effects of Soil Drought and Atmospheric Humidity on Yield, Gas Exchange, and Stable Carbon Isotope Composition of Barley [J]. *Photosynthetica*, 2002, 3: 415-421.

[18] 张红卫, 申双和, 陈怀亮. 冬小麦蒸腾速率在不同土壤水分条件下的修正[J]. *气象科技*, 2008, 36(4): 436-439.

[19] Kudoyarova G R, Veselov D S, Faizov R G, et al. Stomatare sponse to changes in temperature and humidity in wheat cultivars grown under contrasting climatic conditions [J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2007, 1: 46-49.

[20] 薛义霞, 李亚灵, 温祥珍. 空气湿度对高温下番茄光合作用及坐果率的影响[J]. *园艺学报*, 2010, 37(3): 397-404.

Effects of Different Relative Humidity on Cucumber Leaf Photosynthesis Characteristic

Zhang Tinghua¹ Yang Zaiqiang^{1,2} Li Yemeng¹ Zhang Bo¹

(1 Jiangsu Key Laboratory of Agricultural Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044; 2 College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

Abstract: In order to study the effects of different relative humidity on the leaf photosynthesis characteristic in a greenhouse, an experiment was conducted with eight models of relative humidity on cucumber Jinyou-1, which was chosen as the trail material. The photosynthetic physiology parameters of cucumber leaves were measured with the LI-6400 portable photosynthesis system. The results show that the net photosynthetic rate and intercellular CO₂ concentration reduced with the decreasing relative humidity; the stomata conductance, transpiration rate, and the leaf water use efficiency reached the maximum when relative humidity was 75%, while the stomatal limitation value reached the minimum when relative humidity was 75%. The relationship of maximum photosynthetic rate and air relative humidity conforms to the exponent equation: $P_{max}=2.23753e^{1.89085f_{RH}}$. Through the light response curves, it can be learned that the apparent photosynthetic quantum yield and light saturation decrease with deceasing relative humidity, and the light compensation point increases with the decreasing relative humidity. In addition, the correlative analysis indicates that a negative correlation between the vapor pressure deficit of leaves and relative humidity, and a positive correlation exists between intercellular CO₂ concentration, stomata conductance transpiration rate, relative humidity, and photosynthetic rate.

Key words: cucumber, photosynthesis, net photosynthetic rate, humidity relative