

不同降湿处理后温室内番茄作物生物学 性状与生理特性差异研究

梁称福^{1,2}, 陈正法², 钟福生^{1,4},
李文祥², 范 适¹, 徐龙铁³

(1. 湖南环境生物职业技术学院, 湖南 衡阳 421005; 2. 中国科学院 亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125;
3. 广西壮族自治区 贺州市农业局, 广西 贺州 542800; 4. 中国地质大学 环境学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 研究了限量排气降湿、地下热循环冷凝除湿、膜下滴灌降湿 3 个降(除)湿处理后温室内番茄作物生物学性状与生理特性差异。结果表明: 3 个降湿处理温室内番茄群体生长率、相对生长率与净同化率均明显高于对照; 番茄植株茎粗、干物重、叶面积表现出膜滴>冷凝>限排>对照规律; 相接近时刻的光合速率与蒸腾速率, 以壮叶>嫩叶>老叶, 且日变化呈现低(上午)、高(中午)、低(傍晚)规律, 并明显大于对照。

关键词: 温室降湿; 生物学性状; 生理特性; 差异

中图分类号: Q945.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2006)02-0167-04

Studies on the differences of dehumidified treatments on biological and physiological characteristics of tomato in greenhouses

LIANG Cheng-fu^{1,2}, CHEN Zheng-fa², ZHONG Fu-sheng^{1,4},
LI Wen-xiang², FAN Shi¹, XU Long-tie³

(1. *Hunan Environment-biological Polytechnic*, Hengyang 421005, China; 2. *Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences*, Changsha 410125, China; 3. *Agricultural Bureau of Hezhou, Guangxi Zhuang Municipality*, Hezhou 542800, China; 4. *Environment College of China University of Geosciences*, Wuhan 430074, China)

Abstract: The differences of biological and physiological characteristics of tomato were studied in three different dehumidified greenhouses(including setting limit to exhaust, condensation by underground heat-circulation and trickle irrigation under sub-film). The results showed that: crop growth rate(CGR), relative growth rate(RGR) and net assimilation rate(NAR) of tomato plants in three different dehumidified greenhouses were all increased significantly compared to CK; Regularity such as trickle irrigation under sub-film>condensation by underground heat-circulation>setting limit to exhaust>CK was emerged in relation to stem diameter, dry weight and leaf area index. The net photosynthesis rate and the transpiration rate of ripe leaves were the highest, young leaves the second, old leaves the lowest; Daily variation regularity was as follows: low(forenoon)-high(midday)-low(evening) and those of three different dehumidified greenhouses were enhanced markedly compared with CK.

Key words: dehumidifying in greenhouses; biological characteristics; physiological characteristics; the differences

收稿日期: 2004-11-22 修回日期: 2005-05-30

基金项目: 中国科学院“十五”科技攻关项目(NK 十五-C-20)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Tenth Five-Year Plan Project of the Chinese Academy of Sciences].

作者简介: 梁称福(1969-), 男, 江西于都人, 硕士生, 副研究员, 研究方向为有机农业、设施农业、农业生物技术。

我国自二十世纪 70 年代以来,温室农业得到了长足发展。从发展地域上看,北到哈尔滨,南至广州、珠海,东抵上海,西达新疆(潘锦泉等,1989;潘锦泉,1996)。发展的面积,1985 年为 0.5 万 hm^2 ,1999 年则发展到 20 万 hm^2 (潘锦泉,1996;王耀林,2000)。然而由于空气湿度过高,对作物产生多种生理负面影响,也为作物病原物提供适宜的侵染和蔓延环境,从而影响作物正常生长发育,导致产量降低,品质变劣。降(除)湿便成为温室作物生产中的重要环节。本试验以常规操作作为对照,设置了限量排气降湿、地下热循环冷凝除湿、膜下滴灌降湿 3 个降(除)湿处理,比较研究了它们对温室内番茄作物生物学性状与生理特性的差异,为了解温室湿度形成机制,丰富湿度环境理论,指导温室作物生产提供借鉴和依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验在广西贺州现代农业科技示范园单栋塑料

温室内进行。温室东西走向,长 30 m,宽 8 m,顶脊高 3.45 m,肩高 1.95 m。

1.2 供试作物

台湾 103 明珠番茄(早中熟,无限生长型)。

1.3 试验设计与方法

1.3.1 降湿处理 试验设限量排气降湿、地下热循环冷凝除湿、膜下滴灌降湿、对照(常规操作)四个降(除)湿处理(下文分别简称为限排、冷凝、膜滴、对照),每个处理安排在一座标准单栋塑料温室内进行(温室规格见 1.1)。其中限量排气降湿在温室东头 2.8 m 高处安装型号为 HKG-30B 换气扇(功率 50 W,排气量 0.273 m^3/s)一台,每天 9:00~14:00 开扇排气;地下热循环冷凝除湿在温室东边砌一圆柱形装置,中央 3 畦 35~45 cm 深处理设内径为 12~16 cm 瓦罐,形成地下热循环通道,通过在装置上方 1.8 m 高处安装型号为 KFA-35B 换气扇(功率 50 W,排气量 22.5 m^3/min)一台,每天 9:00~14:00 开扇把温室内热空气导入地下管道,从而达到冷凝除湿目的;膜下滴灌在番茄定植之后使用直径为 4 cm 的聚氯乙烯软管铺于畦面番茄植株旁边,

表 1 不同降湿处理温室内主要环境因子状况

Table 1 Main environment factors in greenhouses under different dehumidified treatments

时间/ 处理 Time/ treatments	限排(1)		冷凝(2)		膜滴(3)		对照(4)	
	日均相对湿度 AH(%)	日均气温 AT(°C)	日均相对湿度 AH(%)	日均气温 AT(°C)	日均相对湿度 AH(%)	日均气温 AT(°C)	日均相对湿度 AH(%)	日均气温 AT(°C)
06:30	95.6	8.2	94.8	8.5	91.3	8.6	98.8	8.0
11:00	73.5	26.7	72.3	26.9	69.7	27.3	78.6	26.9
14:30	64.3	32.3	62.9	33.6	60.5	33.8	69.8	33.7
19:00	91.5	13.7	90.2	13.8	89.4	14.4	96.4	13.7

Note: (1)Setting limit to exhaust; (2)Condensation by underground heat-circulation; (3)Trickle irrigation under sub-film; (4)Contrast. (the follows are the same). AH=Average daily relative humidity; AT=Average daily air temperature.

并在植株根部钻一小孔,便于水珠从小孔处漏出而湿润植株根部土壤,并采用厚度为 0.02 mm 的聚氯乙烯薄膜覆盖畦面;对照处理无上述降(除)湿设施,畦面裸露,采取常规水、肥管理方式。不同降湿处理温室内主要环境因子状况见表 1。表 1 中日均相对湿度与日均气温是指前一阶段 44 d 试验期(2003. 11. 10~2003. 12. 24)内温室近中央(离东、西门各 15.0 m,离北侧地界 3.5 m)1.5 m 高处每天所测相对湿度与气温的平均值。

1.3.2 作物栽培管理 番茄定植之前,结合深耕、松土、整地,在每座温室内施入生物有机肥 35 kg, K_2SO_4 复合肥(N15-P15-K15)12.5 kg。定植日期为 2003 年 11 月 11 日,株行距为 40 cm×65 cm,每

667 m^2 定植基本苗 2 565 株(定植时番茄苗生物学性状见表 2)。定植后植株调整、肥、水、病、虫等田间管理按常规方法一致同时进行。其中整枝方式采用单干整枝,肥料按每 667 m^2 分多次追施 K_2SO_4 复合肥(N15-P15-K15)50 kg、三元配方肥(N12-P7-K30)15 kg。番茄自 2004 年 2 月 15 日开始收获。

1.4 试验调查与测试项目、方法

自番茄定植后 44 d、102 d,采用分层随机取样法(西南农业大学,1986),分别在每座温室内抽取 10 株样本,调查测定其叶面积、叶面积指数,鲜重、干重,群体生长率、相对生长率、净同化率等生长指标。叶面积与叶面积指数测定采用打孔法(《浙江农业科学》编辑部,1981),鲜重直接用天平称取,干重测

定采用恒重法(西北农业大学植物生理生化教研室, 守仁等(1989)、村田吉男(1982)介绍方法进行。光合速率、蒸腾速率采用 LI-6400 光合测试系统测定。1987)。群体生长率、相对生长率、净同化率测定按杨

表 2 定植时番茄苗生物学性状

Table 2 The biological characteristics of tomato seedlings when transplanted

株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter	开展度 (cm×cm) Expansion degree	最大叶长与 宽(cm×cm) Length and width of the largest leaf	叶片数 (片) Leaf number	叶片厚度 (mm) Leaf thickness	单株叶面积 (cm ² ·株 ⁻¹) Leaf area per plant	单株鲜重 (g·株 ⁻¹) Fresh weight per plant	单株干重 (g·株 ⁻¹) Dry weight per plant
13.5	4.2	16.0×12.5	11.2×7.9	8.1	0.37	92.6	7.85	0.94

注:表中列数值为随机调查 10 株苗所得的平均值。

Note: Data listed on the table were means of 10 seedlings by random sample.

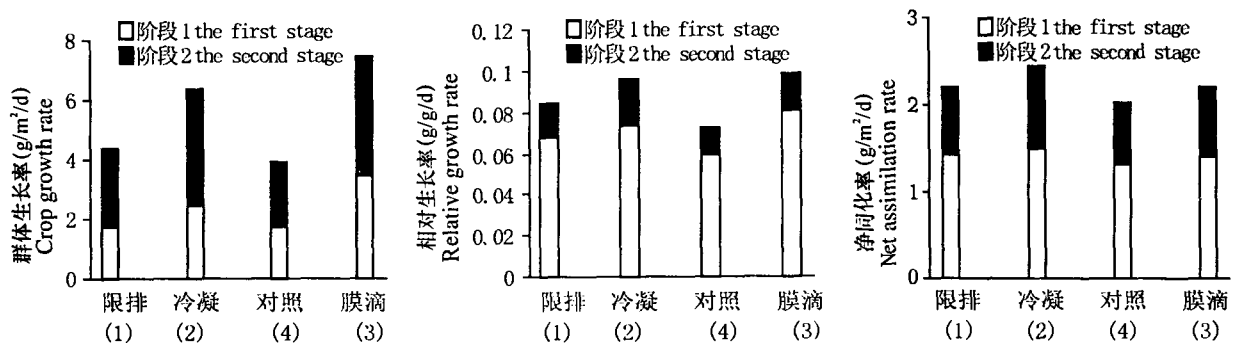


图 1 不同降湿处理温室内番茄作物群体生长率、相对生长率与净同化率差异

Fig. 1 The differences of crop growth rate(CGR), relative growth rate(RGR) and net assimilation rate(NAR) of tomato plants in three different dehumidified greenhouses

2 结果与分析

2.1 不同降湿处理温室内番茄作物群体生长率、相对生长率与净同化率差异

番茄群体生长是产量形成的基础,不同降湿处理温室内番茄作物群体生长率、相对生长率与净同化率存在不同程度差异。从整体来看,群体生长率均以第 1 阶段(2003. 11. 10~2003. 12. 24)为小,第 2 阶段(2003. 12. 24~2004. 02. 22)为大;而相对生长率与净同化率则反之。其中,群体生长率在第 1 阶段表现出膜滴>冷凝>限排>对照,第 2 阶段则冷凝>膜滴>限排>对照。无论第 1、第 2 阶段,3 个降湿处理温室内番茄群体生长率、相对生长率与净同化率均明显高于对照(图 1)。

2.2 不同降湿处理温室内番茄植株生物学性状差异

经温室降湿处理后,番茄植株显著增高,番茄植株干物重存在差异。在番茄生长的两个阶段,植株茎粗、干物重均以膜滴最大,冷凝次之,限排第三,对

照最小。但在前一阶段(2003. 12. 24)限排与对照之间,在后一阶段(2004. 03. 22)限排与对照之间以及膜滴与冷凝之间,差异不显著($P>0.05$)。不同降湿处理温室内番茄植株叶面积表现出膜滴>冷凝>限排>对照规律,但在前一阶段(2003. 12. 24)限排、冷凝与对照之间,在后一阶段(2004. 03. 22)膜滴与冷凝之间,差异不显著($P>0.05$)(表 3)。

2.3 不同降湿处理温室内番茄作物叶片光合速率日变化差异

由图 2 可知,从总体上看,相接近时刻测得的光合速率,以壮叶最大,嫩叶次之,老叶最小;无论是嫩叶、壮叶还是老叶,上午光合速率较低,待到中午左右达到最高值,下午至傍晚下降。对某一特定时间而言,光合速率均以冷凝处理最大,对照最小。

2.4 不同降湿处理温室内番茄作物叶片蒸腾速率日变化差异

与光合速率变化规律相似,相接近时刻测得的蒸腾速率,以壮叶>嫩叶>老叶,且日变化呈现低(上午)、高(中午)、低(傍晚)规律。但对某一特定时间

间各处理蒸腾速率相比较而言,以限排最大,对照最小(图 3)。

表 3 不同降湿处理温室内番茄植株生物学性状

Table 3 The biological characteristics of tomato plants in three different dehumidified greenhouses

降湿处理 Dehumidified treatments	限排(1)	冷凝(2)	膜滴(3)	对照(4)
株高(cm)	2003.11.10 13.5	13.5	13.5	13.5
Plant height	2003.12.24 65.0b	73.3a	77.8a	59.5c
	2004.02.22 173.0ab	186.2a	182.9a	165.8b
茎粗(mm)	2003.11.10 4.2	4.2	4.2	4.2
Stem diameter	2003.12.24 9.9bc	10.9ab	12.0a	9.7c
	2004.02.22 13.2ab	14.4a	15.2a	12.8b
最大叶长与宽 (cm×cm)	2003.11.10 11.2× 7.9	11.2× 7.9	11.2× 7.9	11.2× 7.9
Length and width of the largest leaf	2003.12.24 34.7b× 24.9a	38.3ab× 26.3a	39.7a× 26.2a	34.6b× 25.2a
	2004.02.22 39.0b× 28.8b	44.1a× 33.5a	40.2b× 30.5b	40.0b× 30.4b
叶片数(片)	2003.11.10 8.1	8.1	8.1	8.1
Leaf number	2003.12.24 17.7ab	18.5a	17.3b	17.4ab
	2004.02.22 29.4a	30.7a	30.6a	28.3a
叶片厚(mm)	2003.11.10 0.37	0.37	0.37	0.37
Leaf thickness	2003.12.24 0.58a	0.46b	0.54a	0.45b
	2004.02.22 0.43a	0.43a	0.42a	0.38a
单株干重 (g.株 ⁻¹)	2003.11.10 0.94	0.94	0.94	0.94
Dry weight per plant	2003.12.24 21.60c	29.33b	41.11a	21.18c
	2004.02.22 59.93b	100.37a	101.82a	54.84b
叶面积指数	2003.11.10 0.036	0.036	0.036	0.036
Index of leaf area	2003.12.24 1.22b	1.85ab	2.45a	1.19b
	2004.02.22 3.25b	4.95a	5.00a	2.08c

注:同一行内数值标有相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Data in the same horizontal column followed by same letters indicate no significant difference ($P>0.05$), but different letters indicate significant difference ($P<0.05$).

3 讨论与结语

本文从分析探讨温室内番茄作物生物学性状与生理特性差异的角度,研究了限量排气、地下热循环冷凝、膜下滴灌 3 个不同降(除)湿处理的间接效应。试验结果表明,经降(除)湿后,温室内番茄作物生长明显加快,具体表现在群体生长率、相对生长率与净同化率增加,基茎增粗、干物质变重、叶面积指数加大,光合速率与蒸腾速率增加等方面。但群体生长率在番茄生长的前期阶段小于后期阶段,而相对生长率与净同化率则反之,说明前期生长相对较快,后期则总体长势加快。本试验测得的光合速率与蒸腾速率均以壮叶>嫩叶>老叶,且日变化呈现低(上

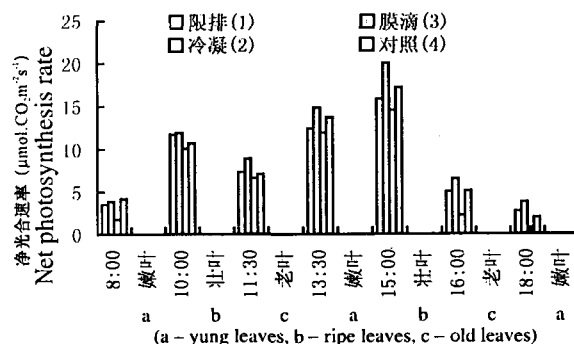


图 2 不同降湿处理温室内番茄作物叶片
光合速率日变化(测定日期:2004 年 2 月 22 日)
Fig. 2 Daily variation of the net photosynthesis rate
of tomato leaves in three different dehumidified
greenhouses(Measurement date:2004-02-22)

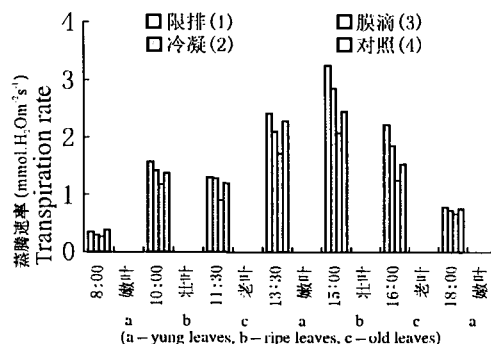


图 3 不同降湿处理温室内番茄作物叶片蒸腾
速率日变化(测定日期:2004 年 2 月 22 日)
Fig. 3 Daily variation of the transpiration rate of tomato
leaves in three different dehumidified greenhouses
(Measurement date:2004-02-22)

午)、高(中午)、低(傍晚)规律,跟大多数植物的生理变化规律相吻合。必须说明的是,上述与番茄作物有关的一系列生物学性状及生理特性指标的变化,并非单纯是经 3 个不同降(除)湿处理后室内空气湿度这一单个环境因子变化的结果,而是空气湿度、空气温度、土壤湿度、土壤温度等多个环境因子综合变化所导致。变化情况不一,其中膜下滴灌后,空气温度、土壤湿度、土壤温度均有所提高;地下热循环冷凝降湿后,则土壤湿度降低,土壤与空气温度提高;限量排气降湿后,空气温度、土壤湿度、土壤温度均有所降低。

从降(除)湿后的综合效应,可以比较出 3 种不
(下转第 177 页 Continue on page 177)

时段是这些石漠化地区植物水分利用最高时间段。

从植物解剖学方面任豆树具有明显的抗旱结构(作者等另文),在岩溶区任豆树和狗骨木以及金银花都具有发达的根系,它们可分布在石缝中,即使地表十分干旱(含水量 $<10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$),在蒸腾拉力的驱动下,其根系仍然能够从其所在的石缝里吸收水分,充分利用深层次的水资源,保证旺盛的光合作用,同时免受强高引起的高温灼伤,任豆树能够通过气孔调节,适应短时的水分不足。由此可见,这几种植物通过自身调节也有避旱避光策略,具有适应岩溶区高温干旱的生理生态学特征。在植物固定碳水化合物效率并提高水分利用效率而言,将三种植物套种,任豆树能够对藤灌植物适当遮荫,对加速狗骨木生长,提高金银花的产量将具有较好的效益。

参考文献:

- 王世杰. 2003. 喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题[J]. 矿物岩石地球化学通报, 22(2): 120—126.
- 王会肖, 刘昌明. 2003. 作物光合、蒸腾与水分高效利用的试验研究[J]. 应用生态学报, 14(10): 1 632—1 636.
- 齐 欣, 曹坤芳, 冯玉龙. 2004. 热带雨林蒲桃属 3 个树种的幼苗光合作用对生长光强的适应[J]. 植物生态学报, 28(1): 31—38.
- 朱剑云, 叶永昌, 刘颂颂, 等. 2001. 从澳大利亚引进的两种相思植物光合速率和蒸腾效率的初步研究[J]. 广东林业科技, 17(3): 28—32.
- 许大全. 1997. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 33(4): 241—244.
- 何师意, 冉景丞, 袁道先, 等. 2001. 不同岩溶环境系统的水文和生态效应研究[J]. 地球学报, 22(3): 265—270.
- 赵 平. 2003. 退化生态系统植被恢复的生理生态学研究进展[J]. 应用生态学报, 14(11): 2 031—2 036.
- 姚长宏, 蒋忠诚, 袁道先. 2001. 西南岩溶地区植被喀斯特效应[J]. 地球学报, 22(2): 159—164.
- 袁道先. 1988. 岩溶环境学[M]. 重庆: 重庆出版社.
- 蒋高明. 2004. 植物生理生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 58.
- Cowan IR. 1977. Stomata behavior and environment[J]. *Adv Bot Res*, 4: 117—228.
- David WL, Baskaran K, Mansor M, et al. 1996. Irradiance and spectral quality affect Asian tropical rain forest tree seedling development[J]. *Ecology*, 77: 568—80.
- Kitao M, Lei TT, Koike T, et al. 2000. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes[J]. *Plant Cell and Environment*, 27: 265—272.
- Scholes JD, Press MC, Zipperlen SW. 1997. Differences in light energy utilization and dissipation between dipterocarp rain forest tree seedlings[J]. *Oecologia*, 109: 41—48.
- Takahiro ENDO, Toshinori OKUDO, Masasyuki TAMURA, et al. 2002. Estimation of net photosynthetic rate based on in-situ hyperspectral data[J]. *Agricultural and forest methodology*, 41: 564—570.
- Walker. 1989. Automated measurement of leaf photosynthetic O_2 evolution as a function of photon flux density[M]. *Philosophical transactions of the Royal Society London B*, 323: 313—326.
- 理论及应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 272—275.
- Pan JQ(潘锦泉), Li XY(李新义), Wang HY(王惠永), et al. 1989. Greenhouses introduced in our country and the development of inland greenhouses(我国引进的温室设施及国内温室的发展)[J]. *Acta Agriculture Engineering Sinica*(农业工程学报), 5(2): 64—72.
- Pan JQ(潘锦泉). 1996. The development of sunlight greenhouse in China(我国日光温室的发展)[J]. *J Shihezi Agric Coll*(石河子农学院学报), 35(3): 1—4.
- Wang YL(王耀林). 2000. The path of creation and sustainable development of energy-saving sunlight greenhouse (first)(节能日光温室创新增效及其可持续发展的途径(一))[J]. *China Vegetables*(中国蔬菜), (1): 52—54.

(上接第 170 页 Continue from page 170)

同降(除)湿技术的效果,即以膜下滴灌最好,地下热循环冷凝次之,限量排气再次。

参考文献:

- 西南农业大学. 1986. 蔬菜研究法(修订本)[M]. 河南: 河南科学技术出版社, 214—219.
- 浙江农业科学编辑部. 1981. 农作物田间试验记载项目及标准[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 88—89.
- 西北农业大学植物生理生化教研室. 1987. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 76—134.
- 杨守仁, 郑 尧. 1989. 作物栽培学概论[M]. 北京: 农业出版社, 53—125.
- 村田吉男[日]. 1982. 作物的光合作用与生态—作物生产的