

日光温室番茄生理生态特征量观测研究^[20]

马鹏里^{1,2}, 尹东³, 张旭东³, 杨启国¹, 杨兴国¹, 王润元¹

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000; 3. 甘肃省气象局兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 在EM 210型日光温室中采用以色列生产的Galileo-LPS植物生理监测系统和温室环境气象要素观测系统, 对番茄的生理生态特征量和气象要素进行了实时连续监测。监测结果表明: 由于番茄果实的个体差异和前期生长的差异, 大、中、小番茄果实的生长规律有明显的差异; 小番茄的增长过程呈“阶梯”型, 大中番茄的增长过程呈“波浪”型。叶柄茎流速率日变化为双峰型, 当室内空气温度大于叶温 1.7°C 时, 番茄的生长就会受到高温的危害, 在12:00~16:00之间出现“茎流午休”现象。在日光温室番茄生产中, 温室内温度大于 30.5°C 时, 要及时启动温度调控装置。

关键词: 日光温室; 番茄; 生理生态

中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)01-0138-05

在日光温室中进行植物生理生态特征量的实时监测, 可以及时了解和掌握植物的生长状况, 最重要的是可以依此确定不同的调控措施对植物生理效应所产生的差异。然而, 植物生理生态变化较为复杂, 由于受观测仪器的限制, 连续自动测量难度较大, 要进行无损连续监测的难度就更大, 因此在温室科研和生产中采用的不多。X Yang等研究了温室中植物与流动空气之间的热能、物质交换过程, 测定了温室植物冠层中温度、冠层上方温度、叶片温度以及蒸腾量, 以确定空气条件变化对植物生长的影响^[1~3]。在传统温室环境控制中注重环境因子的调节, 主要以调控温、湿、 CO_2 浓度、水、养分为主, 作为单一温室环境因子调控已有深入的研究^[4,5]; 另外在 CO_2 浓度对蔬菜生长发育的影响研究、微量元素对日光温室蔬菜营养品质的影响研究^[6~8]等方面也取得了一些成果, 在温室植物生理指标监测及应用研究中也做了一些尝试^[9,10]。

但是, 对植物生长过程中的一些要素, 如果实的日生长速率、茎流量的变化、茎直径的变化等目前还很少有人用仪器进行过无损连续的观测, 而植物的这些生理特性可以直接反映出生长环境状况的好坏, 实时监测的结果可随时应用于对植物生长环境的调控, 在日光温室的科研和生产中显得更为重要。我们使用目前较为先进的仪器设备, 在这一方面进行了新的尝试, 初步取得了一些研究成果。

1 仪器设备及观测设计

试验用EM 210型日光温室, 设在中国气象局兰州干旱气象研究所定西干旱气象与生态环境试验基地, 地处 $104^{\circ}37'\text{E}$ 和 $35^{\circ}35'\text{N}$, 海拔为1 896.7 m, 年平均气温 6.7°C , 年降水量386.0 mm, 日照时数为2 433 h, 平均无霜期140 d。观测试验番茄品种为中蔬6号, 属中晚熟品种。日光温室的种植管理按照当地一般技术要求执行, 温室内灌溉采用雨水集流工程进行滴灌, 整个生育期实行无公害生产。

作物生理生态观测仪器采用以色列Eldar-Shany Technologies公司最新设计生产的Galileo-LPS植物生理监控系统。该系统主机采用欧盟标准, 稳定性和电磁兼容性符合欧洲标准; 传感器使用工业标准传感器, 输出信号为4-20 mA, 可以远距离传输信号, 信号线性模拟好, 精度高, 可以连接到任何标准数据采集器。系统观测项目包括不同大小果实的生长速率(精度 0.01 mm)、叶片温度(精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$)、茎流速率(测量范围: 大约 $\pm 3\text{ mL/h}$)、茎直径变化(测量范围: $0\sim 10\text{ mm}$)、土壤水分张力等。温室内温度(精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$)、湿度(精度 $1\%\text{ RH}$)的观测采用芬兰VAISALA公司生产的HMP45A传感器, 地温观测采用天津气象仪器厂生产的WZP1型温度传感器(精度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$)。所有的观测仪器每小时进行一次采样, 并将监测数据自动传输至

计算机。整个观测系统的安装调试经过了有关专家的测试,达到了相关仪器设备的正常运行要求。

番茄生理特征的观测选择大中小三种果实观测其日生长速率,对叶柄、叉枝的茎流速率,顶部叶片的叶温,主杆、叉枝的茎直径变化同时进行观测。观测时间为2004年6月19日~6月30日,属番茄生长的中后期,观测期间19、20、21、24、25日为晴天,22、23、26日为多云,27、28日为阴天,29、30日为雨天。温湿度梯度和土壤温度观测在温室的前后各设一组,温湿度梯度观测为3层(0.5 m、1.0 m、1.5 m),土壤温度3层(10 cm、30 cm、50 cm),观测时间为2003年10月17日~2004年7月10日。

2 结果与分析

2.1 番茄果实生长速度

为了对番茄果实的生长速度有一个全面的了解,选择大、中、小不同的三个番茄同时进行观测,观测开始时大、中、小三个番茄的直径分别是70.59、63.16、44.13 mm,观测结束时所对应的直径为71.65、65.98、46.54 mm,分别增大了1.06、2.82、2.

41 mm。图1(a、b、c)分别是三个不同大小番茄观测期生长速度变化曲线,可以看出,番茄日增长速度变化非常明显,晴天时增长速度很快,多云天增长速度减缓,阴雨天基本不增大。大番茄果实(图1a)在晴或多云天时从7:00开始迅速增大,到13:00或14:00达到日增长最大值,之后开始回缩,到22:00左右回缩停止,在夜间基本上不变化;大番茄在晴或多云天平均日增长0.37 mm,回缩0.13 mm,日实际增大0.24 mm。从整个观测期看,大番茄的增长过程呈“波浪”型,成熟前(26日开始逐渐变红)明显回缩。中番茄(图1b)在晴或多云天的增长过程和大番茄基本一致,日生长速度比大番茄更大,回缩也比大番茄明显,在阴雨天中番茄也在缓慢增大;中番茄在晴或多云天平均日增大0.50 mm,回缩0.18 mm,日实际增大0.32 mm。小番茄(图1c)在晴或多云天的增长过程和大、中番茄完全不同,从7:00开始迅速增大,到14:00左右达到日增长最大值,14:00以后基本不再增长,而且回缩很小,在阴雨天和中番茄一样缓慢增大;小番茄在晴或多云天平均日增大0.30 mm,回缩0.03 mm,日实际增大0.27 mm。

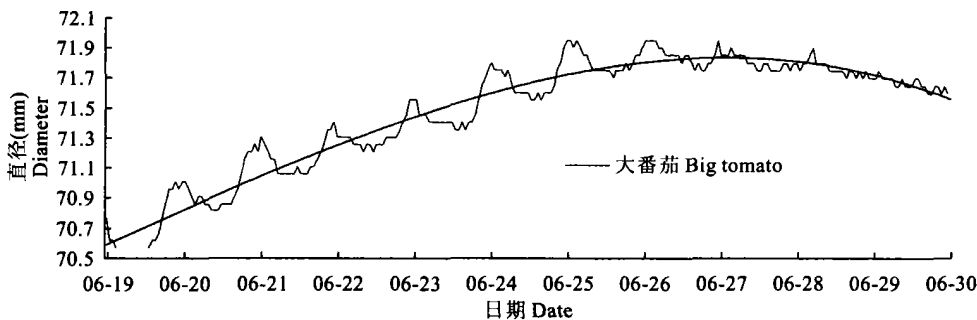


图 1(a) 大番茄日增长速度

Fig. 1(a) The daily growth rate of big tomato

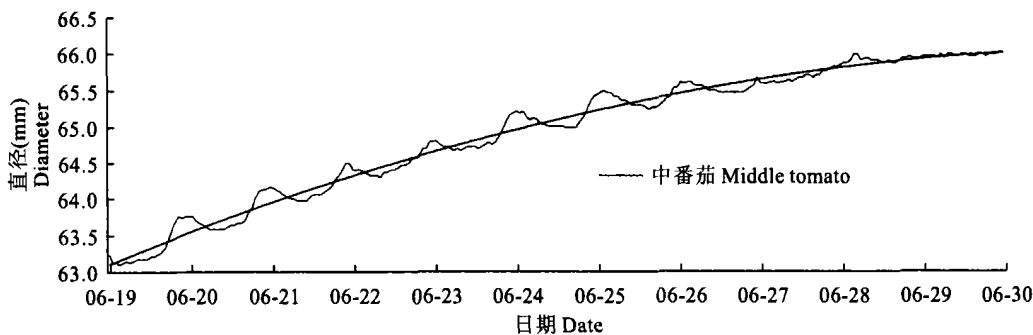


图 1(b) 中番茄日增长速度

Fig. 1(b) The daily growth rate in middle tomato

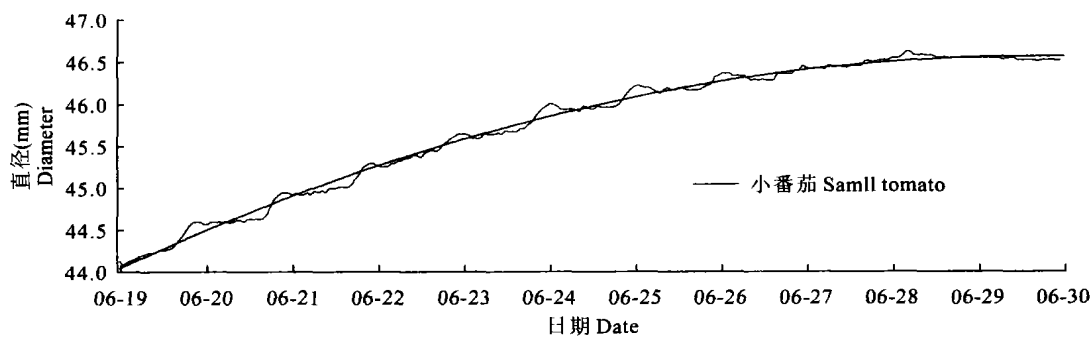


图 1(c) 小番茄日增长速度

Fig. 1(c) The daily growth rate of small tomato

2.2 番茄茎杆茎流速率、叶温观测

图 2 是番茄叶柄、叉枝的茎流速率逐日变化曲线,可以看出叉枝和叶柄的茎流速率变化趋势非常一致,叉枝的茎流速率明显比叶柄的高。为了更进一步了解茎流速率的日变化情况,我们对叶柄、叉枝观测期晴天的茎流速率进行了平均,结果如图3(a、b),可以看出晴天叉枝的茎流速率日变化(图 3a)从 6:00 开始迅速增大,到 13:00 左右达到最大值,之后逐渐减小,在 17:00~19:00 出现一个相对稳定时段,之后又开始减小,到 21:00 降到最低值,21:00 到次日 6:00 茎流速率保持在最小值。晴天叶柄的茎流速率日变化(图 3b)为双峰型,叶柄茎流速率也是从 7:00 开始迅速增大,在 12:00 和 16:00 前后出现两次峰值,在 12:00~16:00 之间出现一个相对低值时段,出现“茎流流速的午休”现象,16:00 以后开始降低,到 21:00 降到最低值,21:00 到次日 7:00 叶柄茎流速率和叉枝一样保持在最小值基本不变。叶柄“茎流流速的午休”现象说明温室内午

后气温过高,造成番茄叶片内的水分不足,短暂关闭或减小叶片气孔开合程度,降低叶片水分蒸腾所致;而叉枝的茎流速率在每日的 13:00 左右达到最大值后就开始减小,“茎流流速的午休”现象不明显。在阴雨天番茄叶柄、叉枝的茎流速率变化不大,日最大茎流速率不到晴天的一半。统计分析番茄叶柄、叉枝的茎流速率的日变化值,结果还表明:叶柄的日平均茎流速率为 0.76 mL/h,叉枝的日平均茎流速率为 1.02 mL/h;叶柄的最大日平均茎流速率为 1.77 mL/h,叉枝的最大日平均茎流速率为 2.06 mL/h;在夜间叶柄、叉枝的茎流速率最小,分别为 0.45、0.69 mL/h。茎流速率白天的变化和番茄植株、果实的生长过程一致;而在晚上茎流仍然存在,这并不表明此时番茄植株仍有蒸腾,而是植物为了补充体内水分亏缺,在根压的作用下,水分以主动方式吸收进入体内,补充白天植物蒸腾丢失的大量水分,恢复植物体内的水分平衡。

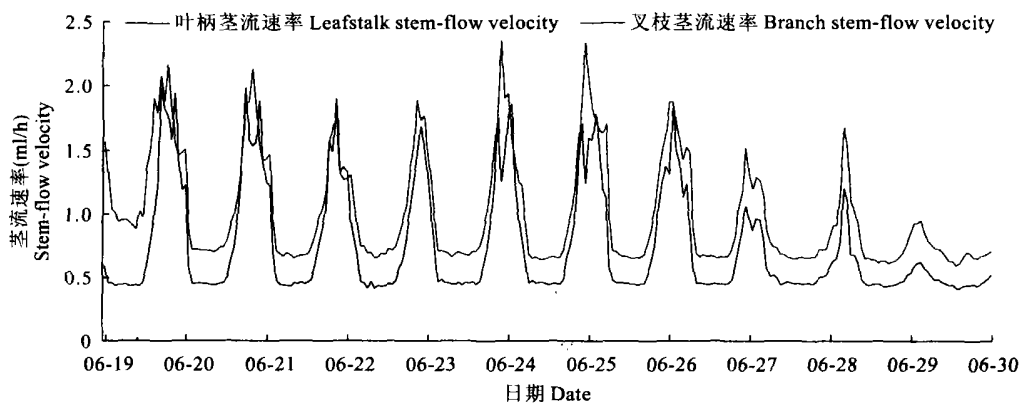


图 2 番茄茎流速率变化

Fig. 2 The changes of stem-folw velocity in tomato

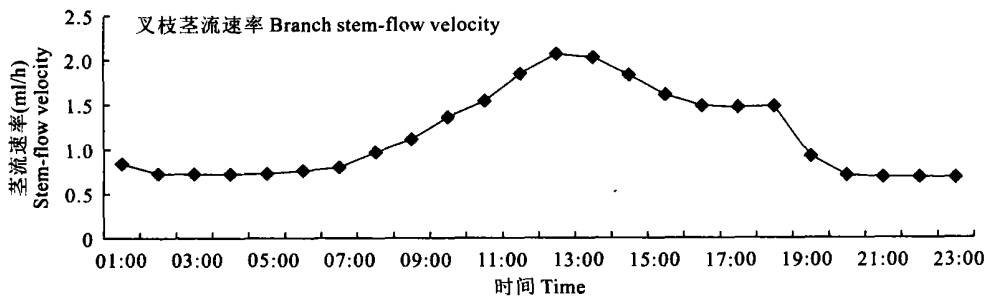


图 3(a) 晴天叉枝茎流速率日变化

Fig. 3(a) The daily change of branch stem-flow velocity in the sunny day

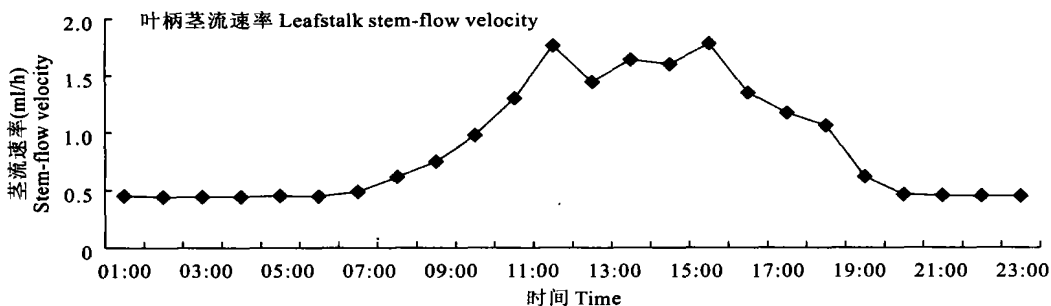


图 3(b) 晴天叶柄茎流速率日变化

Fig. 3(b) The daily change of leafstalk stem-flow velocity in the sunny day

叶温反映了植物的生理状态,一般认为它与光合作用相关,且在逆境条件下,叶片温度降低大多数情况下意味着光合作用的降低^[11]。图 4 是番茄顶部叶温(1.3 m)和温室内不同高度气温的变化曲线,可以看出叶温的日变化趋势和温室内不同高度的环境温度变化趋势非常一致,环境温度一般高于叶温,尤其在晴天 12:00~17:00 时在 0.5、1.0、1.5 m 处的平均温度分别比叶温高 2.0、2.6、4.4℃,在其余

时间叶温值也小于各层的空气温度,但叶温与不同高度空气温度差别不大;多云或阴雨天叶温与不同高度的温度差别不大,有时叶温会高于气温。从晴天叶温与空气温度的差别来看,叶柄在 12:00~16:00 时出现“茎流流速的午休”的现象确实是由于温室内气温过高造成的。茎直径变化由于观测期处于番茄生长的中后期,观测到的茎直径基本没有变化。

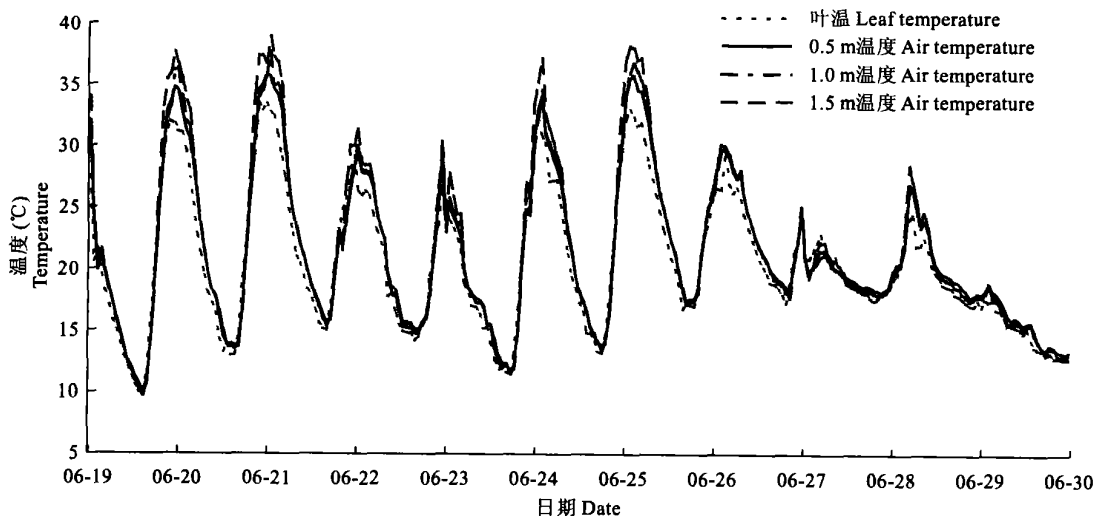


图 4 番茄顶部叶温和温室内不同高度气温的变化

Fig. 4 The changes of top-leaf temperature in tomato and air temperature at different height

2.3 番茄果实生长速度与环境要素的关系

以上分析了番茄生理特性的观测事实,那么番茄果实与叶温、茎流速率、土壤水势、日光温室中的温湿度、地温等要素之间有什么关系?为此我们进行了相关分析(表 1),结果显示:果实的生长速度与茎流速率、土壤水势、地温相关系数较高,与叶温、空气的温湿度相关系数较小,中小番茄的生长速率与叶温、气温甚至呈负相关。说明观测期温室的温度过高,对番茄的生长有一定的影响。

从番茄果实的生长速度、茎流速率、叶温以及温室环境气象要素的观测结果分析来看,果实的增大过程和茎流速率、叶温的增大过程完全一致,当室内温度超过一定值时植物的生长速度就受到影响。

表 1 番茄果实生长速度与其它要素之间的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between growth rate of tomato fruits and other essential factors

类型 Type	叶温 Leaf temperature	茎流速率 Stem-flow velocity	土壤水势 Soil moisture potential	1.0 m 气温 Air temperature at 1.0 m	1.5 m 湿度 Air humidity at 1.5 m	50 cm 地温 Soil temperature at 50 cm
大番茄 Big tomato	0.186	0.540	0.563	0.119	0.166	0.478
中番茄 Middle tomato	-0.022	0.487	0.799	-0.077	0.386	0.489
小番茄 Small tomato	0.046	0.504	0.765	-0.105	0.391	0.533

3 结 论

- 1) 番茄果实的生长过程比较复杂,大、中、小番茄果实的生长规律有明显的差异。小果实的生长过程呈“阶梯”型,基本没有回缩;大中果实的生长过程呈“波浪”型,回缩现象十分明显。
- 2) 叶柄茎流速率日变化为双峰型,在 12:00~16:00 之间出现一个相对低值时段,出现“茎流流速的午休”现象;而又枝的茎流速率在每日 13:00 左右达到最大值后就开始下降,“茎流流速的午休”现象不明显。
- 3) 晴天当果实生长速率和茎流速率达最大值时,番茄顶部的叶温平均为 28.8℃,气温平均为 30.5℃。当空气温度大于叶温 1.7℃时,番茄的生长就受到高温的危害,出现“茎流流速的午休”现象
- 4) 由于进口仪器设备的原因,观测期处于番茄生长中后期,对温室番茄的全生育过程未能进行观测,对番茄茎直径的变化观测结果不是很理想。

参 考 文 献:

[1] Yang X. Effect of aerial conditons on heat and mass exchange between plants and air in greenhouse[J]. Trans of ASAE,

为了找到番茄生长的最高室内温度指标,我们以果实生长速率和茎流速率的最大值为指标,统计分析其对应时刻温室环境气象要素值。结果表明:在晴天当果实生长速率和茎流速率达最大值时,番茄顶部的叶温平均值为 28.8℃,温室内 0.5、1.0、1.5 m 的空气温度分别为 29.0、29.6、31.1℃,相对湿度分别为 34.2%、32.6%、30.2%。由于叶温的观测高度距地面 1.3 m,如果用 1.0 m 和 1.5 m 处的温度进行内差,1.3 m 处的气温大约为 30.5℃,比叶温高 1.7℃,也就是说当空气温度大于叶温 1.7℃时,番茄的生长就受到高温的危害,出现“茎流流速的午休”现象,因此在日光温室番茄生产中如果室内温度大于 30.5℃就要及时启动温度调控装置。

1995,38(1) :225-229.

[2] 艾希珍,张振贤,何启伟,等.日光温室黄瓜不同叶位叶片光合作用研究[J].中国农业科学,2002,35(12) :1519-1524.

[3] 张亚红,陈端生,黄晚华.日光温室黄瓜群体结构参数及群体内辐射分布分析[J].农业工程学报,2003,19(1) :172-176.

[4] Mathews R B. Computer control of carbon dioxide concentration in experimental greenhouse and its use to estimate net canopy photosynthesis[J]. Agri For Meteorol,1987,40:279-292.

[5] Ali I, A bdalla A M. A microcomputer-based system for all-year-round temperature control in greenhouse in dry arid lands [J]. Computer and Electronics in Agriculture,1993,81:195-210.

[6] 汪永钦,刘荣花,王良启.日光温室蔬菜栽培中人工增施CO₂ 技术[J].应用气象学报,1997,18(4) :460-468.

[7] 李萍萍,胡永光,赵玉国.增施CO₂ 气肥对温室结球莴苣光合作用影响的综合模型研究[J].农业工程学报,2001,17(3) :75-79.

[8] 王景华,许福明,王艳.锌肥对日光温室西芹硝酸盐及营养物质研究[J].生态学报,2001,21(4) :681-683.

[9] 王修兰.CO₂ 浓度增加对作物影响的实验研究进展[J].农业工程学报,1995,11(2) :103-108.

[10] 王忠义,陈端生,黄岚.温室植物生理指标监测及应用研究[J].农业工程学报,2000,16(2) :101-104.

[11] Ise liton J R. 曲仲湘译. Environment and Plant Ecology. 环境和植物生态学[M]. 北京:科学出版社,1989.

Study on water transmitting process in Ginkgo biloba

XIANG Xiao-qin^{1,2}, SONG Xi-de¹, LI Qiao-qin¹

(1.College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2.Office for Returning-farmland-into-forest of Fuxian County, Fuxian, Shaanxi 727500, China)

Abstract: The velocity of sap flow in the trunk of Ginkgo biloba has been gauged by TDP probes in standard day and cloudy day. The results indicated there was no sap flow during 6 : 00~9 : 00 and after 22 : 00; the velocity of sap flow increased gradually until reached the peak value during 9 : 00~11 : 00, fluctuated during 13 : 00~15 : 00, dropped after 15:00, became stable during 16 : 00~20 : 00, dropped again during 20 : 00~22 : 00 in the standard day. In the cloudy day, the velocity of sap flow was relatively stable and the peak value appeared 1.5 hours later than that in the sunny day. The flow in the trunk of Ginkgo biloba was 4.445 L and 0.8841 L during the daytime and the night respectively in the sunny day, and 5.334 L and 1.289 L during the daytime and the night respectively in the cloudy day. The flow in the trunk of Ginkgo biloba during the sunny day was less than that in the cloudy day.

Key words: water consumption characteristics; sap flow; sap flow rate; Ginkgo biloba

(上接第142页)

Observation of eco-physiological characteristics in tomato under solar greenhouse

MA Peng-li^{1,2}, YIN Dong³, ZHANG Xu-dong³, YANG Qi-guo¹,
YANG Xing-guo¹, WANG Run-yuan¹

(1.Key Laboratory of Arid Climate Changing and Reducing Disaster of Gansu Province,
Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;
2.Pingliang Meteorological Department, Pingliang Gansu 744000, China; 3.Lanzhou Central
Meteorological Observatory, Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

Abstract: In EM²¹⁰ solar greenhouse, the Galileo-LPS plant physiological monitor system and the greenhouse meteorological observation system were adopted to monitor continuously the real-time weather factors and the eco-physiological characteristic values in tomato. The results indicated: the growth features of different size of tomato fruits were much different; the increasing course of small tomatoes showed "ladder" model, and that of big and middle ones showed "wave" model. The daily change of leafstalk stem-flow velocity presented "double-apex" model. When the air temperature was 1.7℃ higher than the leaf temperature, the growth of tomato was harmed by high-temperature, and "the noon break of stem-flow velocity" phenomenon was found during 12 to 16 o'clock. In tomato production under solar greenhouse, it is necessary to startup the temperature regulation equipment in time when the temperature is beyond 30.5℃.

Key words: solar greenhouse; tomato; eco-physiology