

# 半日光间歇弥雾果树育苗系统及其应用

张道辉, 刘庆忠<sup>\*</sup>, 王甲威, 宗晓娟, 魏海蓉, 李国田

(山东省果树研究所, 山东省果树生物技术育种重点实验室, 泰安 271000)

**摘要:**为解决某些果树树种繁育困难的问题, 研制了半日光间歇弥雾果树育苗系统, 用于甜樱桃矮化砧木吉塞拉 6 号嫩梢扦插育苗。通过对育苗环境主要因子的宽范围高精度调控, 45 d 育成新苗, 生根率 93.66% 以上, 每株平均生根 7.29 条, 新苗移栽成活率 95% 以上。与传统扦插育苗和组培繁育相比, 育苗周期和成本均显著降低。

**关键词:** 温室, 温度控制, 湿度控制, 育苗系统, 甜樱桃砧木, 嫩梢扦插

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.050

中图分类号: S625.5<sup>+</sup>1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0266-05

张道辉, 刘庆忠, 王甲威, 等. 半日光间歇弥雾果树育苗系统及其应用[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 266—270.

Zhang Daohui, Liu Qingzhong, Wang Jiawei, et al. Applications of partial-sunlight intermittent misting system for fruit trees rapid propagation[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 266—270. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

近年来, 随着果树设施栽培的快速发展, 很多地方应用普通日光温室和大棚进行果树苗繁育<sup>[1-3]</sup>。但由于果树生长和育苗对气温、地温、湿度和光照等因素的要求有较大差别, 无论是普通日光温室还是大棚, 其环境条件的调控精度和范围, 均不能完全满足育苗生根过程所需要的环境指标, 以致苗木质量稳定性差、成活率低、育苗周期长、成本也高<sup>[4-6]</sup>。为此, 笔者根据果树育苗的特点, 研制了半日光间歇弥雾果树育苗系统, 经连续 3 a 用于甜樱桃矮化砧木吉塞拉 6 号嫩梢扦插育苗, 结果表明, 该系统高效、低耗、实用。与传统的扦插育苗<sup>[7-8]</sup>相比, 可使生根和炼苗期由 90 d<sup>[9]</sup>缩短到 45 d, 生根率由 50%<sup>[10]</sup>提高到 93.66% 以上, 幼苗移栽成活率由 50%<sup>[11]</sup>上升到 95% 以上, 育苗周期显著缩短, 实现了低成本高质量快繁。与组培育苗<sup>[12-13]</sup>相比, 育苗周期和成本均有显著降低, 而且育苗期不受季节限制, 一年四季均可育苗。

## 1 系统组成及工作原理

半日光间歇弥雾果树育苗系统组成及工作原理如图 1 所示。该系统主要由育苗环境监测、大棚一级调控、大棚参数检验、小棚二级调控 4 部分组成, 利用大小棚对光照度和温度的二次调控和热光灯的补偿作用, 实现半日光高精度宽范围光温控制。采用自行研制的果树扦插育苗开环全自动弥雾装置控制湿度, 根据育苗期间不同阶段、不同光温条件和不同湿度要求, 设定工作、循环、

喷淋和间歇时间 4 个参数 (如图 3 所示)。工作时间系指喷淋及间歇时间控制电路的通电时间, 在通电时间内喷淋和间歇 (不喷淋) 状态根据设定时间的长短反复循环运行。循环时间是喷淋及间歇控制电路的断电时间, 断电时间内不喷淋。例如, 弥雾装置工作及循环时间分别设定为 600 和 660 min, 喷淋及间歇时间分别设定为 1 和 8 min, 执行器件会在 600 min 内每隔 8 min 喷淋 1 min 并自动循环运行, 600 min 后进入 660 min 的循环时间, 循环时间内不喷淋, 循环时间结束后自动返回 600 min 的工作时间, 如此反复自动循环, 实现每隔 660 min 间歇性喷淋 600 min, 而在 600 min 内每隔 8 min 喷淋 1 min, 并能自动循环。在喷淋和间歇过程中, 通过调节喷水状况, 可在棚内产生阶段性间歇弥雾。这种高湿度的弥雾状态, 与靠吸收部分日光形成的光温条件结合, 形成半日光间歇弥雾环境, 特别有利于插穗的快速生根。

如图 1 所示, 育苗环境监测主要通过温度、湿度和光照度 3 种现代测控仪表和执行器件完成, 仪表的型号和名称分别是 XMT-122 温度调节仪、XMT707 湿度调节仪和 AR-813 数显照度计。大棚内温度和光照度的一级调控是根据监测数据人工调节卷帘机、遮阳网、间歇喷雾、热光灯和大棚膜缝隙等设施的工作状态来完成。湿度调控则由自行研制的果树扦插育苗开环全自动弥雾装置<sup>[14]</sup>自动完成, 工作时间和循环时间均可在 1~1440 min 内任意设定, 喷淋时间可在 1~99 s 内任意设定, 间歇时间可在 1~99 min 内任意设定。当一级调控使大棚内各项参数达到设定要求时, 由人工将小棚膜缝隙调整到最大, 使小拱棚内各项指标也达到设定要求。当一级调控不能使大棚内各项参数达到设定要求时, 再由小棚进行二级调控。小棚内温度和光照度的二级调控是由人工根据监测数据调节小棚遮阳网、热光灯、小棚膜缝隙等设施的工作状态来完成。湿度调控仍由自行研制的专用果树扦插育苗开环全自动弥雾装置自动完成。经小棚二级调控后, 使棚内主要环境指标都能满足最佳育苗环境<sup>[15-16]</sup>要求。

收稿日期: 2010-09-05 修订日期: 2011-03-18

基金项目: “十一五”国家支撑计划项目 (2008BAD92B02); 国家“863”计划项目 (2006AA100108-4-12-9); 泰安市科技发展计划项目 (20075014)  
作者简介: 张道辉 (1955—), 男, 山东淄博人, 研究员, 主要从事贮藏保鲜与环境测控研究。泰安 山东省果树研究所, 271000。

Email: daohuizhang@sina.com

<sup>\*</sup>通信作者: 刘庆忠 (1963—), 男, 山东莒南人, 研究员, 主要从事生物技术与种质资源研究。泰安 山东省果树研究所, 271000。

Email: QZLIU@126.com

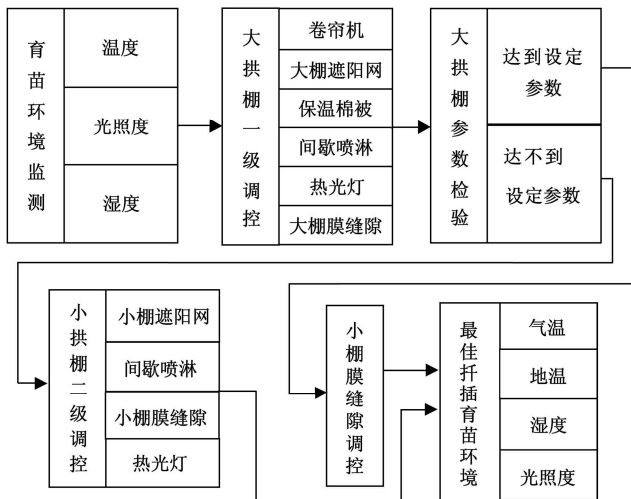


图1 半日光间歇弥雾果树育苗系统结构与工作原理框图

Fig.1 Functional block diagram of the partial-sunlight intermittent misting system

## 2 棚体组成与结构

大、小棚都是根据果树育苗的特点设计，是整个育苗系统的主体，其组成与结构如图2所示。大棚由厚50 cm的砖混墙体、上下端分别固定在墙体和地面的弧形钢管支架、固定在钢管支架上呈横向排列的钢管横梁、以及搭接在钢管横梁上的外塑料薄膜、外遮阳网和保温棉被组成。墙体顶部固定有1.5 kW电动卷帘机，该卷帘机的卷轴分别卷接外遮阳网和保温棉被的上端。在外塑料薄膜顶部距墙体约100 cm和距地面约35 cm处沿钢管横梁方向设有两个与棚体长度相同、宽度可调的换气用大棚膜缝隙。大棚内的顶部中间位置沿东西方向每5 m设有一个1 kW热光灯。小棚由拱形小棚支架及搭接在支架上的塑料薄膜和遮阳网组成。内塑料薄膜与地面的连接处，设置成两处宽度可调的用于换气的缝隙，缝隙长度与小拱棚长度相同。每个小拱棚内设有呈均匀分布的生根穴盘，以及相应的测控仪表的温、湿度探头，生根穴盘的底部设有漏水沙床，图2中A、B、C、D是4个相同的小棚示意图。大棚和小棚内均设有内径2.3 cm的主水管和连接喷头的内径0.5 cm分水管，其中设于大棚内的主水管固定在与它对应的小棚的上方，设于小棚内的主水管固定在生根穴盘的上方，并连接呈均匀纵向排列的可调喷雾头，图2中1、2、3、4等都是主水管。

该种育苗系统的特点是：大棚套小棚，具有双层遮阳网、双层塑料薄膜和双层喷淋装置。通过温、湿度和光强探头在棚外随时观测棚内的温度和湿度，并根据监测数据控制开闭遮阳网、保温棉被、棚膜缝隙、热光灯和间歇喷水比例，使小棚内气温、相对湿度、光照和地温处于插穗生根的最佳范围。该系统调控范围、精度和稳定性与传统的单棚单次调控<sup>[17]</sup>结构相比，均有了较大提高。可稳定的把主要生根环境因子控制在要求指标之内，使生根速度，生根率，幼苗质量得到显著提高，育苗成本显著降低。

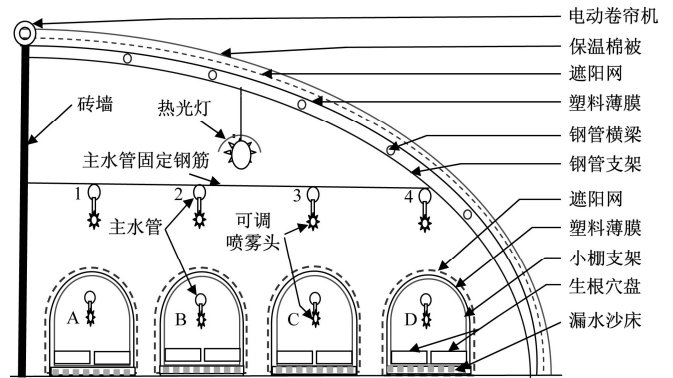


图2 棚体组成及结构示意图

Fig.2 Structures of the arched sheds

## 3 育苗环境因子调控

### 3.1 棚内气温及基质温度调控

小棚内气温调控主要由人工操控的电动卷帘机、热光灯、保温被、喷水管、遮阳网和棚膜缝隙等设施完成，气温监测由设置在棚外值班室内的高精度有线遥测测温仪<sup>[18-19]</sup>完成，其测温探头采用具有防水外壳的PT-100型热敏电阻<sup>[20]</sup>，置于棚内有温度代表性的位置。白天，当外界气温高于棚内且棚内气温需调高时，电动卷帘机把保温棉被卷到最小，同时，调大棚膜缝隙，增加棚内外空气交换量，减小大棚遮阳网的遮阳面积。如遮阳面积达到最小后还需升温，则减少小棚上遮阳网遮阳面积；如遮阳面积达到最小后仍需升温，则需关闭棚膜缝隙，并将大棚调整到保温状态。同时开启热光灯辅助加热，热光灯沿东西方向每5 m设置一个，单个开关控制，可视情况开启一个或多个。根据当地气候条件，经过上述三级升温措施，可在一年四季都满足甜樱桃矮化砧新扦插生根对温度的需求。同理，当需降低棚内气温时，可通过增加遮阳面积和调节棚膜缝隙完成。当大小棚全被遮阳网遮闭后仍需降温，则开启大棚主水管，通过可调喷头向小棚喷水，利用深水井内的低水温，降低小棚内温度。当需要保温时，也是通过调控以上装置完成，一年四季均能把棚温控制在生根环境温度范围25~40℃。穴盘内育苗基质的温度调控，主要靠调整喷雾时间、喷水量及气温完成，需增加基质温度时，除增加或保持棚温外，还要在保证湿度的前提下减少喷水时间，使基质透过的水量减少，以使基质温度回升。反之，则增加喷水时间，使基质温度下降。本研究使用的育苗基质是细河沙，其温度明显受透水量的大小和棚温控制。

### 3.2 棚内湿度调控

当大棚内温、湿度等指标全部符合要求时，将小棚膜缝隙调节到最大（全部卷起）即可。当湿度指标达不到要求时，小棚内的湿度调控，由自行设制的果树扦插育苗开环全自动弥雾装置完成，图3是其原理框图，该装置主要由工作（通电）及循环（断电）时间控制、喷淋及间歇时间控制、执行设备和可调弥雾喷头4部分组成。工作及循环时间控制单元，控制喷淋及间歇时间控制单元每天的通电时间，是智能化时序控制，通电和断

电时间都可在 1 min 到 1 440 min 内任意设定, 自动循环运行。喷淋及间歇时间控制单元, 在通电时间内控制执行设备和可调弥雾喷头对生根穴盘喷淋, 是电子延时电路控制, 喷淋时间可通过自动弥雾装置的机械式拨码器<sup>[21]</sup>在 1~99 s 内任意设定, 间歇时间可通过自动弥雾装置的另一机械式拨码器在 1~99 min 内任意设定, 喷淋和间歇时间自动循环运行, 喷淋形状可通过可调弥雾喷头手动调节, 可以是雾状、点状和细丝状。可通过增加工作时间或减少循环时间, 也可通过增加喷淋时间或缩短间隔时间来加大棚内湿度。同理, 可通过缩短工作时间或增加循环时间, 也可通过缩短喷淋时间或增加间隔时间降低棚内湿度。

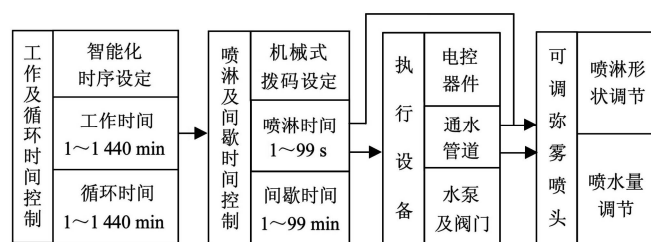


图3 果树扦插育苗开环全自动弥雾装置工作原理框图

Fig.3 Diagrams of the open-loop automatic misting device

### 3.3 棚内光照度调控

棚内光照度调控主要通过调节大小拱棚遮阳网遮盖面积和改变热光灯光照时间实现。需增加光照时, 减小遮阳面积, 遇到连续阴冷天气时, 利用热光灯补充光照和热量, 防止新梢落叶, 有利于嫩梢扦插快速生根。反之增加遮阳面积, 关闭热光灯。另外, 光照度调控也会影响棚内温度, 所以, 在调控过程要结合当时光温相互影响规律, 协同调控。

### 3.4 穴盘内基质温度调控

穴盘内育苗基质的温度调控, 主要靠调整棚温和喷水状况完成。需提高基质温度时, 提高或保持棚温, 调节喷头喷雾状水, 使基质透过的水量减小, 基质温度回升。反之降低或保持棚温, 调节喷头喷丝状水, 使基质透过的水量增加, 基质温度下降。本育苗系统把生根基质温度控制在 25~30℃。

## 4 应用效果

### 4.1 供试材料及扦插后管理

应用试验在自行研制的半日光间歇弥雾果树育苗系统内进行, 该系统的大棚(图1)沿东西方向为长度, 其长、宽、顶高分别为 40、8、4 m, 大棚内 4 个小棚也是沿东西方向为长度, 其长、宽、顶高分别为 35、1.1、1.2 m。每个小棚内沿东西方向紧密排放两行装满基质的 50 孔育苗穴盘, 每行 125 个, 总长 35 m, 两行总宽 1.08 m, 穴盘长、宽、高分别为 54、28、5.1 cm。小棚与大棚的北边沿之间留宽 1 m 的操作通道, 与南边沿之间留宽 1.1 m 的操作通道, 与东边沿之间留宽 2.5 m 的操作地, 与西边沿之间留宽 1.5 m 的操作地, 4 个小棚之间留有宽 0.5 m 的操作通道, 大棚总面积 320 m<sup>2</sup>, 扦插密度

156 株/m<sup>2</sup>。试材为甜樱桃矮化砧木吉塞拉 6 号, 采自山东省果树研究所育苗试验基地(泰安市)。共扦插 50000 株, 用 50 孔育苗穴盘 1 000 个, 6 月 10 日选取上年移栽到大田的健壮定植苗, 剪取新梢顶端 15~20 cm 为嫩梢插穗, 去除基部 5~8 cm 区段内的叶片。扦插前用 1 000 mg/L 吲哚丁酸(IBA)处理插穗基部 30 s, 处理后将插穗垂直插入细河沙做基质的育苗穴盘中, 每孔扦插一株。用自制果树扦插育苗开环全自动弥雾装置自动调控湿度, 根据监测数据手动调控温度和光照度。扦插后小棚内不同阶段白天的实际气温如图 4 所示。图 4 中 4 条曲线代表了扦插期内不同阶段白天的动态温度, 插后 30 d 内相对湿度保持在 95%~100%, 夜间大棚处于保温保湿状态, 自动弥雾装置处于断电期, 温度保持在 35℃, 湿度保持在 97%, 波动幅度很小。

插后 29 d 开始逐渐降低相对湿度, 35 d 后相对湿度保持在 65%~80%, 扦插期间每周进行一次杀菌剂处理。基质含水率控制在 17%~21%, 光照度控制在 50~500 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。

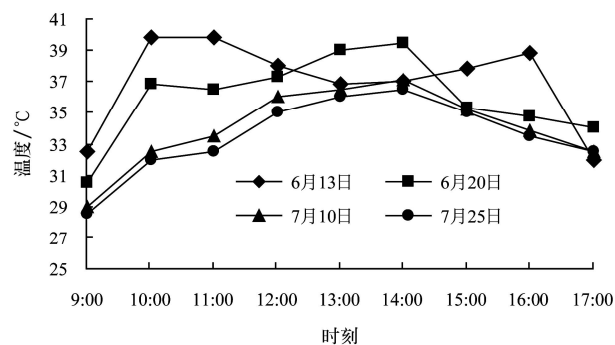


图4 扦插后小棚内代表不同阶段白天的动态气温

Fig.4 Dynamic changes of the air temperature during the daytime in the small arched sheds

### 4.2 调查统计

7月26日起苗, 起苗前现场直观小棚内新苗, 整体长势旺盛, 高矮整齐。仔细观察穴盘内新苗, 普遍叶片葱绿健壮, 大小均匀, 根系发达(图5), 看不到病弱和死亡苗。

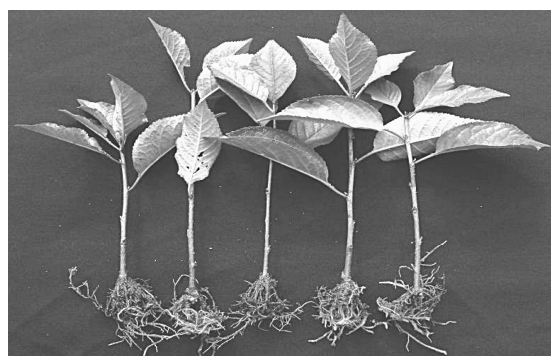


图5 起苗时新苗及根系

Fig.5 Roots of Gisela 6 softwood cuttings

起苗时在大棚内东、西、南、北 4 个边的中间位置和大棚的中心位置各随机抽取 600 株新苗, 调查其生根

率和健壮苗<sup>[22]</sup>率等指标。

### 4.3 砧苗质量统计

抽样调查的砧苗质量差异很小（表 1），普遍根系发达，长势旺盛，大小一致。生根率为 93.66%~96.16%，健壮苗率为 93.50%~95.83%，每株新苗平均生根 7.29 条以上，病、残、弱苗极少，插穗死亡率不足 2%。大棚东端位置的苗质稍差，可能是与其位置靠近门口、调查和检测项目多于其他位置，而事后处理不够精细有关。新苗质量普遍良好的原因，可能与扦插期温、湿度调控精度高有关。利用大小拱棚二次调节温度，加上热光灯的补偿作用<sup>[23]</sup>，使扦插初期的环境温度稳定在上限附近，波动范围很小，适当的高温加上稳定的高湿度，有力促进了插穗的生根效率。采用自行研制的果树扦插育苗开环全自动弥雾装置控制湿度，使扦插初期的育苗环境相对湿度稳定在上限附近，喷雾时间控制在秒级，间歇时间控制在分级，控制精度远高于人工或目前其他形式的控制<sup>[24]</sup>。扦插初期稳定的高温高湿环境可能是诱导插穗快速生根，从而使砧苗健壮的主要原因。另外，插穗生根后温、湿度逐渐降低到下限附近，相对偏低且稳定的温、湿度环境减少了叶片的蒸腾速度，有利于砧苗稳定生长，也是砧苗健壮苗率高的重要原因。

表 1 棚内不同位置吉塞拉 6 号新苗的生根及健壮苗率

Table 1 Rooting rate and vigorous shoots rates of the new seedlings at the different locations

取样部位	取样株数	生根株数	生根率/%	平均每株生根条数	插穗死亡率/%	健壮苗率/%
大棚东边中间	600	562	93.66	7.29	2.00	93.50
大棚西边中间	600	570	95.00	7.31	1.83	94.00
大棚南边中间	600	578	96.16	7.31	1.66	96.00
大棚北边中间	600	576	96.00	7.33	1.16	95.83
大棚中心	600	573	95.50	7.35	1.50	95.33

## 5 结 论

采用自行研制的半日光间歇弥雾果树育苗系统，进行甜樱桃矮化砧木吉塞拉 6 号嫩梢扦插育苗，实现了对育苗环境的温、湿度等主要因子的宽范围高精度动态调控，使嫩梢插穗生根率和新苗健壮苗率都在 93.50% 以上，与常规扦插育苗相比，生根率由 50% 提高到 93.66% 以上；生根和炼苗时间由 90 d 缩短至 45 d；新苗移栽成活率由 50% 上升到 95% 以上；育苗周期由 6 个月缩短至 1.5 个月。与组培育苗相比，育苗周期和成本均显著降低。

本研究的方法和技术成功解决了这一难题，特别是采用自行研制的果树扦插育苗开环全自动弥雾装置，把弥雾时间精确到了秒级，完全满足了育苗环境对湿度的要求，这可能是吉塞拉 6 号实现低成本高质量快速繁育的关键因素，对中国大樱桃生产具有重要的应用价值。

### 【参 考 文 献】

- [1] Fuss A M, Goombe B G, Sedgely M, et al. Cultural manipulation for out - of - season peach production under glass[J]. *Sci Horti*, 1990, 43: 15—27.
- [2] Ustenberghs H, Verbeyen J, Keulemans J. Preliminary experiences with super intensive protected growing of sweetcherries[J]. *Acta Horti*, 1993, 349: 59—61.
- [3] 高东升, 束怀端, 李宪利, 等. 几种适宜设施栽培果树需冷量的研究[J]. *园艺学报*, 2001, 28(4): 283—289.  
Gao Dongsheng, Shu Huairui, Li Xianli, et al. A study on bud chilling requirements of fruit trees in greenhouse[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2001, 28(4): 283—289. (in Chincsc with English abstract)
- [4] 马成芝, 孙立德, 梁志兵, 等. 辽西日光温室大棚内小气候的变化规律[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(30): 13342—13344, 13390.  
Ma Chengzhi, Sun Lide, Liang Zhibing, et al. Change law of microclimate in the sunlight greenhouse of western liaoning[J]. *Journal of Agri Sci*, 2008, 36(30): 13342—13344, 13390. (in Chincsc with English abstract)
- [5] 沈元月, 郭家选, 高东升. 温度与果树设施园艺[J]. *山东农业大学学报*, 2000, 31(2): 217—220.  
Shen Yuanyue, Guo Jiaxuan, Gao Dongsheng. Temperature and fruit tree horticulture under structure[J]. *Journal of Shandong Agricultural University*, 2000, 31(2): 217—220. (in Chincsc with English abstract)
- [6] 徐志刚. 组培微环境与规模化育苗设施环境调控的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2002.  
Xu Zhigang. Research on Micro-environmental of Micro-propagation and Environmental Control Facilities for Large-scale Plant Tissue Culture[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2002. (in Chincsc with English abstract)
- [7] 张华通, 林晓萍, 周丽华, 等. 大岛樱组培苗嫩梢扦插育苗技术[J]. *广东林业科技*, 2001, 17(2): 25—28.  
Zhang Huatong, Lin Xiaoping, Zhou Lihua, et al. Shoot cutting technology of prunus donarium var. spontanea tissue culture seedling[J]. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2001, 17(2): 25—28. (in Chincsc with English abstract)
- [8] 王振师, 周丽华, 曾雷. 绯寒樱的扦插繁殖[J]. *中南林学院学报*, 2005, 25(3): 82—84.  
Wang Zhenshi, Zhou Lihua, Zeng Lei. A Study of vegetative propagation of prunus campanulata[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2005, 25(3): 82—84. (in Chincsc with English abstract)
- [9] Beltz H. Chip budding of ornamental shrubs[J]. *Deutsche-Baumschule*, 1989, 41(9): 457—459.
- [10] 王甲威, 宗晓娟, 魏海蓉, 等. 扦插时期对甜樱桃矮化砧木吉塞拉嫩枝生根的影响[J]. *中国果树*, 2010(3): 33—35.  
Wang Jiawei, Zong Xiaojuan, Wei Hairong, et al. The effects of softwood cutting period on sweet cherry dwarf rootstock rapid propagation[J]. *Chinese Fruits*, 2010(3): 33—35. (in Chincsc with English abstract)
- [11] Stefancic M, Stampar F, Osterc G. Influence of IAA and IBA on root development and quality of Prunus “GiSelA5”leafy cuttings[J]. *Hort Science*, 2005, 40(7): 2052—2055.
- [12] 李文金, 贾汇红, 王均华, 等. 欧洲甜樱桃矮化砧木 Rus-25 的组织培养与植株再生[J]. *植物生理学通讯*, 2004, 40(6): 718.  
Li Wenjin, Jia Huihong, Wang Junhua, et al. Tissue culture and plantlet regeneration of dwarf stock of sweat cherry

- Rus-25[J]. *Plant Physiology Communications*, 2004, 40(6): 718. (in Chincsc with English abstract)
- [13] 孙宁, 许雪峰, 韩振海, 等. 樱桃组培快繁技术体系的研究[J]. *西北植物学报*, 2008, 28(1): 47—51.  
Sun Ning, Xu Xuefeng, Han Zhenhai, et al. In vitro tissue culture and rapid propagation of sour cherry[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(1): 47—51. (in Chincsc with English abstract)
- [14] 张道辉, 刘庆忠, 沈广宁, 等. 低成本多用途时序控制器的研制与应用[J]. *落叶果树*, 2009(4): 56—57.  
Zhang Daohui, Liu Qingzhong, Shen Guangning, et al. The manufacture and application of a lowcost and multipurpose time schedule controller[J]. *Deciduous Fruits*, 2009(4): 56—57. (in Chincsc with English abstract)
- [15] 郅丽娟, 韩建会, 薛金祥. 改良型塑料大棚的设计及温度初探[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(1): 284—287.  
Qie Lijuan, Han Jianhui, Xue Jinxiang. Design of the improve plastic shed and premilinary study on the temperature[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(1): 284—287. (in Chincsc with English abstract)
- [16] 张道辉, 赵红军, 周广芳, 等. 农产品贮藏设施温控仪表温度漂移控制方法[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(6): 108—112.  
Zhang Daohui, Zhao Hongjun, Zhou Guangfang, et al. Drift of the temperature-controlled instrument for the farm products storage[J]. *Transactions of the CSAM*, 2010, 41(6): 108—112. (in Chincsc with English abstract)
- [17] 史玉群. 全光照喷雾嫩枝扦插育苗技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 78—84.
- [18] 刘振永, 郭鹏, 张玮, 等. 基于 ARM 的温湿度无线监控系统[J]. *仪表技术与传感器*, 2009(12): 108—110.  
Liu Zhenyong, Guo Peng, Zhang Wei, et al. Wireless monitoring system of temperature and humidity based on ARM[J]. *Instrument Technique and Sensor*, 2009(12): 108—110. (in Chincsc with English abstract)
- [19] 张道辉, 鲁墨森, 王太明, 等. 电子测控仪器标准信号输出装置: 中国专利: ZL00247521.9[P]. 2001—05-16.
- [20] 黄大勉, 徐学奎. 基于函数变换原理的铂电阻传感器非线性校正方法[J]. *传感技术学报*, 2006, 19(6): 2547—2549.  
Huang Damian, Xu Xuekui. A method for calibrating nonlinearity of platinum resistance transducers based on function transform principal[J]. *Chinese Journal of Sensors and Actuators*, 2006, 19(6): 2547—2549. (in Chincsc with English abstract)
- [21] 叶淑彬. 数字电位器的结构特点及典型应用[J]. *浙江树人大学学报*, 2004, 4(4): 87—89.  
Ye Shubin. The structural characteristics of digital rheostat and its typical circuit in application[J]. *Journal of Zhejiang Shuren University*, 2004, 4(4): 87—89. (in Chincsc with English abstract)
- [22] 刘庆忠, 魏海蓉, 艾呈祥, 等. 甜樱桃矮化砧木吉塞拉嫩枝扦插技术研究[J]. *落叶果树*, 2008(4): 22—24.  
Liu Qingzhong, Wei Hairong, Ai Chengxiang, et al. Techniques of sweet cherry dwarf rootstock rapid propagation with softwood cutting[J]. *Deciduous Fruits*, 2008(4): 22—24. (in Chincsc with English abstract)
- [23] Anderson, J1L1, Richardson, E1A1 The Utah chill unit flower bud phenology models for deciduous fruit[J]. *Acta Hort11*, 1987, 199: 45—50.
- [24] 黄显林, 王毅, 孙群学. 温控系统中的测温仪表及误差补偿[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 1996, 28(4): 48—51.  
Huang Xianlin, Wang Yi, Sun Qunxue. Temperature measuring instrumentation and its error compesasion in temperature control system[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 1996, 28(4): 48—51. (in Chincsc with English abstract)

## Application of partial-sunlight intermittent misting system for fruit trees rapid propagation

Zhang Daohui, Liu Qingzhong<sup>\*</sup>, Wang Jiawei, Zong Xiaojuan, Wei Hairong, Li Guotian

(Shandong Institute of Pomology, Key Laboratory for Fruit Biotechnology Breeding of Shandong, Tai'an 271000, China)

**Abstract:** To overcome the difficulties in some fruit trees rapid propagation, a partial-sunlight intermittent misting system was designed and used in the new shootings of the sweet cherry dwarf rootstock Gisela 6 with softwood cutting. In conditions of controlling the environmental factors accurately in the greenhouse, the rooting rate of the new shoots reached to 93.66% in 45 days and the average number of roots was 7.29. The survival rate of the new shoots was up to 95%. Compared with the traditional tissue culture and rapid propagation, the technique can shorten the propagation period and cut down the cost distinctively.

**Key words:** greenhouses, temperature control, humidity control, propagation system, sweet cherry rootstock, softwood cuttings