

2JC-500 型自动嫁接机西瓜苗嫁接效果生产试验

辜 松^{1,2}, 刘宝伟², 王希英², 于金超², 杨艳丽²

(1. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 2. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

摘 要: 为了解 2JC-500 型自动嫁接机嫁接西瓜苗的生产效果及其影响因素, 进行了西瓜机械嫁接育苗的生产试验, 并测定了嫁接用苗形态对嫁接机嫁接效果的影响。试验结果表明, 砧木瓠瓜苗子叶展开角小于 45°、接穗西瓜苗胚轴弯曲和子叶不对称于胚轴的情况会分别显著地影响砧木机械打孔和砧穗对接的作业质量; 当砧木子叶展开角大于 45°, 接穗西瓜苗胚轴不弯曲且子叶对称于胚轴时, 机械嫁接育苗生产中嫁接机的嫁接成功率可大于 90%, 2JC-500 型嫁接机作业生产率可达 450 株/h。

关键词: 机械嫁接, 生产试验, 嫁接机, 西瓜

中图分类号: S233.74

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-12-0084-05

辜 松, 刘宝伟, 王希英, 等. 2JC-500 型自动嫁接机西瓜苗嫁接效果生产试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 84-88.

Gu Song, Liu Baowei, Wang Xiyong, et al. Production test of 2JC-500 automatic grafting machine for watermelon[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 84-88.(in Chinese with English abstract)

0 引 言

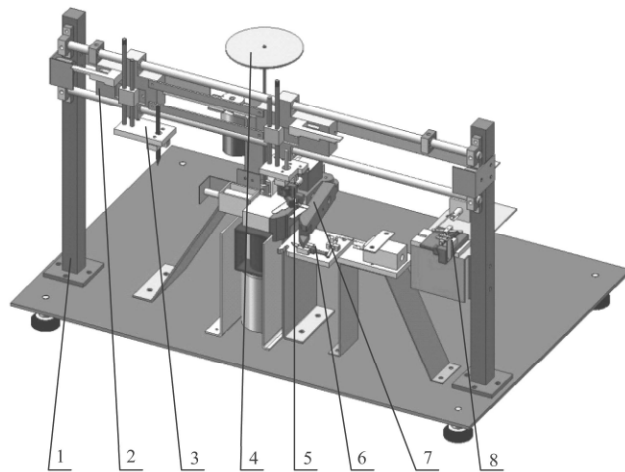
嫁接育苗技术可以克服蔬菜连作障碍, 提高作物抗逆性, 目前已经普遍应用于蔬菜和瓜果类的栽培生产中^[1-4]。目前蔬菜嫁接多采用人工作业, 人工嫁接作业效率低、嫁接质量不稳定, 严重制约了嫁接育苗技术的推广。日本为解决农业劳动力老龄化问题、提高嫁接作业速度和自动化程度, 1986 年开始研制自动化嫁接机, 1994 年以后陆续推出多款蔬菜嫁接机, 嫁接作业生产率和质量得到显著提高^[5,7]。韩国继日本之后也开展了蔬菜嫁接机的研究, 目前许多大中型育苗中心实现了工厂化嫁接育苗生产^[8]。由于引进国外嫁接设备价格过高, 国内自主开发自动嫁接机意义重大, 从 20 世纪 90 年代开始, 中国农业大学^[12-15]、湖南农业大学^[16,17]、东北农业大学^[18]相继研制出不同类型的蔬菜嫁接机。

目前国内有关嫁接机嫁接作业生产效果的报道还比较少, 本研究采用 2JC-500 型自动嫁接机以西瓜为对象进行了机械嫁接效果生产试验。

1 材料与方法

试验所用 2JC-500 型自动嫁接机采用断根插接式嫁接法作业^[19], 适合西瓜、甜瓜和黄瓜的嫁接作业。该嫁接机是在 2JC-350 型嫁接机的基础上^[18], 进行了大幅改进, 整体尺寸放大 2 倍, 增加了操作者的作业空间; 将原来凸轮杆件动力传动方式改为电磁铁和齿轮齿条动力驱动方式, 提高了作业速度和作业精度^[19]; 为适应目前

广泛推广使用的断根插接式嫁接法, 增设了砧木断根功能, 具体结构如图 1 所示, 主要技术参数如表 1 所示。本试验以西瓜苗为机械嫁接效果生产对象, 砧木采用瓠瓜, 试验用苗为生长正常的标准苗^[18], 即砧木瓠瓜短胚轴径 2.5~3.0 mm、胚轴高 50.0~80.0 mm; 接穗西瓜胚轴径 1.5~2.0 mm、胚轴高 30.0~40.0 mm。



1.机架 2.滑块 3.插签机构 4.下压机构 5.接穗夹 6. 砧木断根机构
7.砧木夹 8.接穗切削机构

图 1 2JC-500 型自动嫁接机结构示意图
Fig.1 Structure sketch of 2JC-500 automatic grafting machine

表 1 2JC-500 型自动嫁接机主要参数
Table 1 Main parameters of 2JC-500 automatic grafting machine

项 目	参 数
最大运转生产率/株·h ⁻¹	500
消耗功率/W	80
输入电压/V	220
外形尺寸(长×宽×高)/mm	600×400×460
整机重量/kg	20

收稿日期: 2007-09-12 修订日期: 2008-12-02

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD11A10-013); 东北农业大学创新团队科研基金 LXZ007-1; 黑龙江省科学技术厅留学归国人员基金项目(LC05C12); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(10551028)

作者简介: 辜 松, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事现代园艺生产装备的研究。广州 华南农业大学工程学院, 510642。Email: sgu666@sina.com

本试验首先考察嫁接用接穗（西瓜）苗和砧木（瓠瓜）苗的形态对机械嫁接作业的影响，目的是了解插接式嫁接机为保证较高嫁接成功率对嫁接用苗形态的要求，影响因素形态主要包括嫁接用苗子叶展开角和胚轴曲直度，考察目标为嫁接机嫁接成功率，其计算方法为：

$$\text{嫁接机嫁接成功率} = \text{上砧木成功率} \times \text{上接穗成功率} \times \text{机械嫁接成功率} \quad (1)$$

另外，为了掌握 2JC-500 型自动嫁接机的标称作业生产率（达到可接受嫁接机嫁接成功率），将该嫁接机嫁接生产率设定在 400 株/h（非熟练操作者可正常操作，并达到可接受嫁接机嫁接成功率）、450 株/h、500 株/h（2JC-500 型嫁接机最高设计运转速度）3 档，分别测定嫁接机嫁接成功率，根据成功率确定标称作业生产率。为避免人员差异影响，试验以 3 组熟练程度相当的不同操作者重复进行试验。

最终，根据确定的嫁接苗适宜形态作为嫁接苗的选择原则，以通过试验确定的合理嫁接生产率设定 2JC-500 型自动嫁接机，进行 2JC-500 型自动嫁接机万株以上批量西瓜苗生产的效果试验，考察批量机械嫁接生产的嫁接机嫁接成功率、嫁接苗愈合成功率和成活率。

2 嫁接用苗形态对机械嫁接作业的影响

嫁接机作业时，要求正确夹持砧木苗和接穗苗，即送苗到位、夹苗稳定、不伤苗。目前，嫁接机一般采用尺寸定位夹持秧苗^[20]，即砧木夹和接穗夹的夹口尺寸通过对标准苗（适合机械嫁接作业的砧木苗和接穗苗）胚轴茎进行测定和统计分析确定，机械嫁接作业中，秧苗依靠确定的尺寸进行夹持和定位。除嫁接用苗几何尺寸（胚轴径，株高）影响插接式嫁接作业外，嫁接用苗的生长形态，即嫁接用苗子叶之间的开角和胚轴茎的曲直度等，也影响嫁接机嫁接成功率。根据 2JC-500 型插接式嫁接机的作业过程，砧木胚轴被夹持在砧木夹 7 中，子叶在砧木夹 7 上方露出，砧木子叶开角对打孔和对接作业有重要影响，砧木胚轴曲直度对嫁接作业影响不大；接穗苗在嫁接时子叶被接穗夹 5 夹持，有 5.0 mm 长的胚轴在接穗夹 5 下部露出^[18]，与砧木对接，因此接穗苗胚轴的曲直度是影响嫁接作业的重要因素。根据以上分析，在此考察砧木子叶开角和接穗曲直度对插接式机械嫁接作业的影响。

试验为二因素三水平三重复，考察目标为插接式嫁接机嫁接成功率，影响因素分别为砧木子叶开角（两片子叶所成角度，分别为 0°、45°、60°）、接穗形态（形态 1：胚轴不弯曲、子叶对称于胚轴；形态 2：胚轴弯曲、子叶对称于胚轴；形态 3：胚轴不弯曲、子叶弯头不对称于胚轴）。嫁接机操作者为熟练作业人员（经过 30 h 以上实际操作训练），嫁接机作业速度设定为 300 株/h，目的是使嫁接机处于理想的作业状态，试验结果如表 2 所示。

根据表 2，形态 1 和形态 3 机械嫁接成功率与砧木子叶开角呈正比，当砧木子叶开角达到 45°以上形态 1 的机械嫁接成功率最高为 100%。观察形态 2（胚轴弯曲）和形态 3（子叶弯头不对称于胚轴）随砧木子叶开角增加，

其机械嫁接成功率分别为 84%、55%、84%和 72%、74%、85%，前者没有显著的单调变化趋势，极差分别为：前者 29%、后者 13%，这说明胚轴弯曲度对机械嫁接成功率的影响比子叶相对胚轴对称度大。砧木子叶开角大，砧木在夹持时容易展平，有利于砧木打孔和接穗与砧木的对接；砧木子叶开角小，机械展平砧木子叶时在生长点处易造成裂伤，直接影响砧木的打孔质量。因此砧木苗子叶展的越平且接穗苗形态正常（形态 1），机械嫁接成功率就越高。

表 2 嫁接用苗形态对 2JC-500 自动嫁接机作业性能的影响
Table 2 Effect of watermelon seedling shape on working performances of 2JC-500 automatic grafting machine

砧木子叶开角/(°)	接穗子叶形态	嫁接机嫁接成功率/%
0	形态 1（胚轴不弯曲、子叶对称于胚轴）	89.0
0	形态 2（胚轴弯曲、子叶对称于胚轴）	84.0
0	形态 3（胚轴不弯曲、子叶弯头不对称于胚轴）	72.0
45	形态 1（胚轴不弯曲、子叶对称于胚轴）	100.0
45	形态 2（胚轴弯曲、子叶对称于胚轴）	55.0
45	形态 3（胚轴不弯曲、子叶弯头不对称于胚轴）	74.0
60	形态 1（胚轴不弯曲、子叶对称于胚轴）	100.0
60	形态 2（胚轴弯曲、子叶对称于胚轴）	84.0
60	形态 3（胚轴不弯曲、子叶弯头不对称于胚轴）	85.0

综合以上分析，利用插接式嫁接机进行嫁接作业时，应使用砧木苗子叶开角大于 45°，即子叶展平，接穗苗胚轴平直无曲度、子叶对称于胚轴（不弯头），即生长形态对称其胚轴的正常形态的嫁接用苗，这样可获得理想的机械嫁接成功率。

3 2JC-500 型嫁接机标称作业生产率试验

嫁接机作业生产率表明嫁接机每小时所进行的嫁接作业次数，是评价嫁接机性能的重要技术参数之一，也是组织机械嫁接生产的重要依据。在使用标准嫁接用苗情况下，影响人工上苗嫁接机嫁接作业生产率的主要因素有两个：一是嫁接机的自身性能，这与嫁接机采用的嫁接方式和自动化程度有关，以穴盘上苗的全自动嫁接机，标称作业生产率可达 1000 株/h 以上^[9,10]；人工上苗的半自动嫁接机，采用贴接式嫁接法，其标称作业生产率 600 株/h 左右^[9,10]。二是嫁接机操作者的作业熟练程度和作业能力，操作者嫁接作业熟练程度可通过技术培训和嫁接作业实践提高，但是，作业能力体现操作者的平均作业极限速度，在一定条件下它限制嫁接作业速度。本研究通过测定熟练操作者在保证可接受嫁接机嫁接成功率（不小于 90%）条件下的极限作业速度来确定 2JC-500 型嫁接机的标称作业生产率。

作业试验操作人员分为 3 组，每组 2 人（1 人上砧木，1 人上接穗，均为熟练操作者）。3 组操作者分别为 1a 男 25 岁、1b 男 23 岁；2a 女 22 岁、2b 女 21 岁；3a 女 22 岁、3b 女 23。试验考察嫁接机操作者在 400 株/h、450 株/h 和 500 株/h 3 个生产率下的嫁接机嫁接成功率，嫁接机嫁接成功率与人工上苗成功率和机械作业成功率

有关, 其关系如式 (1) 所示。所用砧木瓠瓜和接穗西瓜均采用嫁接用标准苗, 且选用正常形态苗 (状态 1)。每组在 3 个作业生产率条件下分别进行 50 株嫁接作业, 试验结果见表 3。

表 3 嫁接机作业生产率对嫁接成功率的影响

Table 3 Effect of grafting machine productivity on grafting success rate

作业生产率 /株·h ⁻¹	作业组	上砧木 成功率/%	上接穗 成功率/%	机械作业 成功率/%	嫁接机嫁接 成功率/%
400	1	98.0	97.9	97.9	93.9
	2	100.0	96.0	97.9	94.0
	3	98.0	95.9	97.9	92.0
450	1	96.0	97.9	97.8	91.9
	2	98.0	95.9	97.8	91.9
	3	98.0	93.9	97.8	90.0
500	1	96.0	91.7	97.7	86.0
	2	96.0	89.6	95.3	82.0
	3	94.0	85.1	97.5	78.0

试验结果显示机械作业成功率在不同作业生产率下基本保持不变, 即嫁接机运转速度不影响机械作业质量; 操作者上接穗和上砧木成功率与嫁接作业生产率呈反比, 生产率由 400 株/h 上升到 450 株/h 时人工上苗成功率下降不明显, 嫁接机嫁接成功率保持在 90% 以上, 生产率由 450 株/h 增加到 500 株/h 后, 上苗成功率明显下

降, 嫁接机嫁接成功率降到 78%~86%, 上砧木和上接穗成功率都呈下降趋势。上砧木成功率降低的原因是, 随着作业生产率的提高, 人工上苗速度加快, 砧木上苗不合格的概率提高, 造成打孔不成功; 同样, 随着上接穗加快, 接穗上苗不正的概率也提高, 造成接穗切削不正常。二者相比, 上接穗的难度要比上砧木大一些。根据以上分析, 为保证获得可接受嫁接机嫁接成功率, 作业生产率不应高于 450 株/h, 故 2JC-500 型嫁接机的标称生产率确定为 450 株/h。

4 西瓜机械嫁接育苗生产试验

2007 年 4 月至 5 月在黑龙江省绥化市红旗乡使用 2JC-500 型蔬菜嫁接机进行了西瓜嫁接苗生产试验, 西瓜机械嫁接育苗作业过程包括: 砧木与接穗育苗、机械断根嫁接作业、断根嫁接苗回栽和嫁接苗发根愈合 4 个主要步骤, 见图 2 所示。育苗时, 砧木瓠瓜和接穗西瓜均不催芽采用直接播种 (图 2a), 出芽率达到 90%, 砧木较接穗早播种 1 周, 种床采用图 2a 所示方式整理, 达到可嫁接标准状态的砧木苗和接穗苗分别如图 2b、c 所示。机械嫁接作业如图 2d 所示, 作业时嫁接机作业生产率为 400~450 株/h。完成机械嫁接的断根嫁接苗利用人工回栽到营养钵中 (图 2e)。回栽到营养钵中的断根嫁接苗, 置于大棚内设置的遮光、密闭的小拱棚内, 进行伤口愈合和发根, 直至嫁接苗完成愈合、生根成活 (图 2f)。

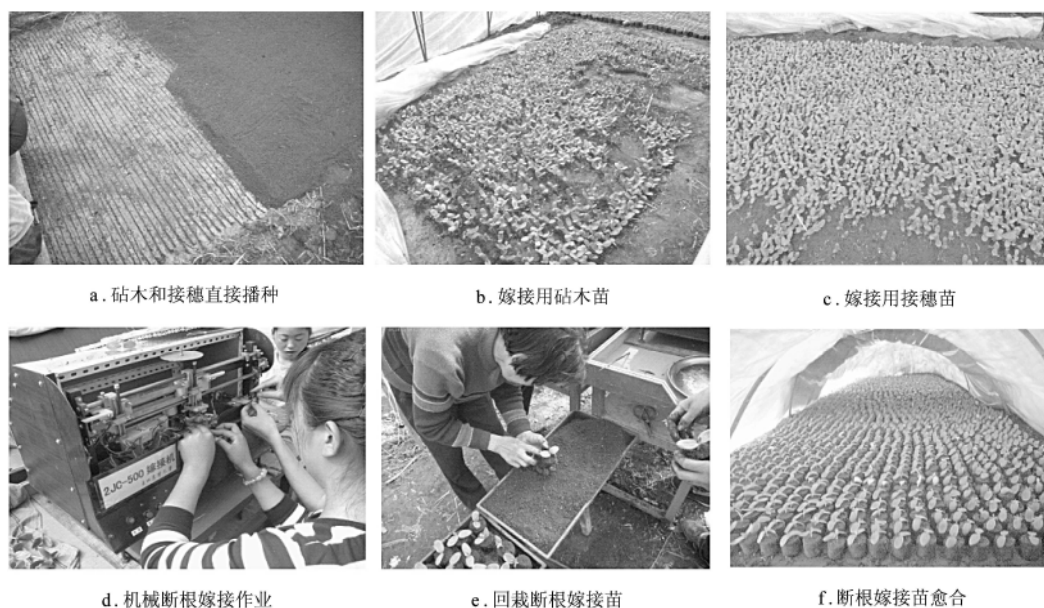


图 2 西瓜机械断根嫁接苗生产流程

Fig.2 Producing program of mechanical grafting for watermelon

整个西瓜机械嫁接作业过程共需作业人员 6 人。其中嫁接机操作 2 人 (1 人上砧木, 1 人上接穗); 回栽断根嫁接苗 2 人 (人工将断根嫁接苗回栽到营养钵中); 辅助搬运 1 人 (运送嫁接用苗和完成嫁接作业的嫁接苗); 1 人在愈合小拱棚内摆设回栽到营养钵中的断根嫁接苗。

机械嫁接作业共进行 3 批次, 育砧木与接穗苗各 4 万 4 千株左右, 除去无法嫁接劣质苗、取苗和搬运损失

完成 4 万株嫁接苗的嫁接作业, 每批次依次为 1 万株、2 万株和 1 万株; 嫁接机嫁接成功率依次为 78%、91% 和 80%, 其他嫁接育苗生产数据如表 4 所示。3 个批次的嫁接机嫁接成功率各不相同, 第 1 批次最低, 原因是操作者不适应机械连续作业节奏、运送人员选苗不当、没有完全按照嫁接用标准苗选择嫁接用苗。第 2 批次在总结前一次的基础上, 使嫁接机嫁接成功率达到 90% 以上。

第 3 批次嫁接机嫁接成功率再次下降的原因是, 嫁接用苗的育苗时间进入 5 月, 环境温度升高造成种床温度随之提高, 砧木和接穗发芽温度过高造成种子出芽率不高,

出苗不均一, 而且培育出的嫁接用苗 50% 左右出现徒长现象, 使得达到标准尺寸和形态的嫁接用苗数量减少, 嫁接用苗不良形态影响了嫁接机嫁接成功率。

表 4 西瓜机械嫁接育苗生产试验结果

Table 4 Production test results of mechanical grafting for watermelon

嫁接时间	培育砧木/株	培育接穗/株	嫁接株数/株	愈合苗数/株	嫁接机嫁接成功率/%	成活苗数/株	愈合成活率/%
4 月 15 日	11000	11000	10000	7800	78.0	2349	30.1
4 月 28 日	22000	22000	20000	18200	91.0	12740	70.0
5 月 10 日	11000	11000	10000	8000	80.0	6800	85.0

各批次嫁接苗的愈合情况如表 4 所示, 虽然 3 个批次的环境与作业条件不同, 无法直接比较, 但是以下原因对试验结果产生了一定影响。第 1 批次由于愈合小拱棚遮光不当、密封不严, 造成小拱棚内温度过高, 相对湿度过低; 另外, 单棚容苗量高达 2000 株, 摆苗耗时长达 6 h 以上, 先入棚的部分嫁接苗在封棚前已处于严重脱水状态, 最终愈合成活率仅为 30.1%。第 2 批次加强遮光控制, 严格进行密闭管理, 单棚容苗量降为 1000 株, 愈合成活率上升为 70%。第 3 批次单棚容苗量降为 500 株, 使嫁接苗愈合率达到 85%。

嫁接苗愈合小拱棚的单棚容苗量与嫁接机作业速度和作业环境的相对湿度有关, 本次嫁接育苗生产试验结果显示, 完成机械嫁接的嫁接苗置于无避光、相对湿度 80%~85%、风速小于 0.5 m/s 条件下的温室内, 20 min 后嫁接的西瓜嫁接苗出现萎蔫迹象; 在避光、相对湿度 85%~89%、无风条件下的小拱棚内, 90 min 后回栽的西瓜嫁接苗出现萎蔫迹象。为避免嫁接苗由于脱水死亡, 完成嫁接的嫁接苗应在 15 min 内放入愈合小拱棚内, 小拱棚第一株嫁接苗入棚后应保证在 60 min 内封棚, 单台嫁接机作业情况下, 单棚容苗量应不超过 500 株。

5 结 论

1) 对于半自动嫁接机而言, 人工上苗的作业能力和保证稳定的嫁接机作业质量两个因素制约其实际生产作业速度, 2JC-500 型自动嫁接机的标称嫁接作业生产率为 450 株/h。

2) 西瓜机械嫁接育苗生产中, 使用生长到适于嫁接作业的标准尺寸的嫁接用苗, 且砧木瓠瓜子苗叶展平、接穗苗西瓜生长形态对称其胚轴, 可保证嫁接机嫁接成功率大于 90%。

3) 为保证嫁接苗的正常愈合, 机械嫁接场所环境相对湿度应大于 80%, 嫁接后的断根嫁接苗应迅速回栽, 在 15 min 内并放入愈合装置内, 采用小拱棚愈合情况下单机嫁接的单棚容苗量不应超过 500 株。

〔参 考 文 献〕

[1] 陈贵林, 乜兰春, 李建文, 等. 蔬菜嫁接育苗彩色图说[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

- [2] 郑群, 宋维慧. 国内外蔬菜嫁接技术研究进展(上)[J]. 长江蔬菜, 2000, (8): 1—4.
- [3] 周宝利, 林桂荣 李宁义. 蔬菜嫁接栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [4] 今西英雄, 中田道男. 園芸種苗生産学[M]. 東京: 朝倉書店, 1997.
- [5] 古在豊樹, 後籾英司, 富士原和宏. 最新施設園芸学[M]. 東京: 朝倉書店, 2006.
- [6] 高山真策. 種苗工場システム[M]. 東京: シーエムシー出版, 2002.
- [7] 日本農林水産省野菜茶業試験場. 野菜の接ぎ木栽培の現状と課題〔研究資料〕[R]. 三重県: 野菜茶業試験場, 2001.
- [8] 辜 松, 姜 凯. 中国野菜接ぎ木苗生産の発展[J]. 農作業研究, 2007, 42(3): 179—182.
- [9] 辜 松. 蔬菜工厂化嫁接育苗生产装备与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [10] 辜 松, 江林斌. 国内外蔬菜嫁接机的发展现状[J]. 东北农业大学学报, 2007, 38(6): 847—851.
- [11] 张铁中. 蔬菜嫁接机器人[J]. 科学中国人, 2002, (7): 52—53.
- [12] 谭妮克, 张铁中, 杨 丽. 蔬菜嫁接机器人砧、穗木套管式接合装置的设计[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(5): 85—88.
- [13] 罗 辉, 张铁中, 刘旭东. 自动嫁接机运动控制仿真系统设计[J]. 农业机械学报, 2005, 36(5): 90—100.
- [14] 赵 颖, 孙 群, 张铁中. 营养钵茄苗嫁接机器人机械系统设计与实验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(9): 94—97, 93.
- [15] 赵 颖, 孙 群, 张铁中. 营养钵茄苗嫁接机器人控制系统设计[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 225—228.
- [16] 李明, 汤楚宙, 谢方平, 等. 毛桃苗力学特性试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 29—33.
- [17] 李 明, 戴思慧, 汤楚宙, 等. 苗木嫁接机器人切削机构模拟试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 129—132.
- [18] 辜 松. 2JC-350 型蔬菜插接式自动嫁接机的研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 103—106.
- [19] 辜 松, 刘 凯, 杜 月. 电磁力在蔬菜嫁接机上的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 105—109.
- [20] 鈴木正肚, 小林研, 猪之奥康治. ウリ科野菜用接ぎ木装置の開発(1)—要素技術の検討—[J]. 日本農業機械学会誌, 1995, 5(2): 67—76.

Production test of 2JC-500 automatic grafting machine for watermelon

Gu Song^{1, 2}, Liu Baowei², Wang Xiyang², Yu Jinchao², Yang Yanli²

(1. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to understand the production effects and influencing factors of the 2JC-500 automatic grafting machine, a production test for watermelon had been done and the effects of watermelon seedling shapes on working performances were studied. The results indicate that, three situations (such as cotyledon flare angle of stock lower than 45°, curving hypocotyl of watermelon scion, and cotyledon asymmetric with hypocotyl) have significant effects on the quality of perforating stock and jointing stock with scion, respectively. When cotyledon flare angle of stock is larger than 45°, hypocotyl of watermelon scion is unbent and symmetric with hypocotyl, grafting success rate of 2JC-500 automatic grafting machine can be above 90%, and the productivity can be 450 seedlings per hour.

Key words: mechanical grafting, production test, grafting machine, watermelon