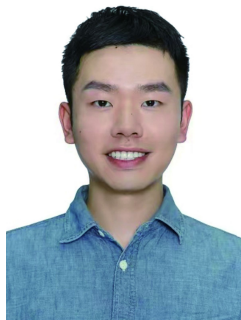


DOI: 10.20045/j.cnki.issn.2096-0220.2023.05.001

引文格式: 李家兴, 舒明涛, 沐贤志, 等. 茶树夏季短穗扦插快速成苗技术研究 [J]. 茶叶学报, 2023, 64(5): 1-9.

优秀学者论坛



朱俊彦, 男, 1993 年生, 茶学博士, 中国共产党党员, 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室讲师、硕士生导师。主要研究方向为茶树育种与种质创新, 在茶树次生代谢合成、农艺性状与抗性形成机制等方面取得一系列进展。主持国家自然科学基金—青年项目、十三五和十四五国家重点研发项目子课题、安徽省自然科学基金、安徽省高校自然科学基金, 以第一作者或通信作者在《The Plant Journal》《Horticulture Research》《Plant and Cell Physiology》《Journal of Agricultural and Food Chemistry》《Horticultural Plant Journal》《茶叶学报》等国内外期刊发表学术论文 10 余篇, 申请和授权国家发明专利 5 项, 合作选育茶树新品种 1 个, 参与制定地方标准 1 项、团体标准 2 项, 参与编写“十四五”普通高等教育园艺系列规划教材《茶树生物学与实验技术》(副主编)。

茶树夏季短穗扦插快速成苗技术研究

李家兴¹, 舒明涛¹, 沐贤志², 温辉林¹, 刘升锐¹, 李叶云¹, 韦朝领^{1*}, 朱俊彦^{1*}

(1. 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室/农业农村部茶树生物学与茶叶加工重点实验室, 安徽 合肥, 230036; 2. 巢湖市年晟农业生态有限公司, 安徽 合肥, 230036)

摘要:【目的】短穗扦插是茶树繁育的主要方法, 多在秋季进行, 但其育苗周期长、越冬管理成本高, 为此本研究构建一种节本高效的快育技术, 为茶树良种快速推广与应用提供保障。【方法】分别用不同植物生长调节剂处理‘中茶 108’国家级良种短穗后再进行扦插, 并对扦插后茶苗的生长指标和内源激素含量进行测定和统计。【结果】碧护+生根粉处理显著提高扦插苗成活率(96.7%)和出圃率(87.8%), 其中成活率(2021 年 10 月 28 日)较对照(清水处理组)和生根粉处理组分别提高了 10.4% 和 9.2%、出圃率较对照和生根粉处理组分别提高了 16.7% 和 20%。内源激素测定结果表明, 碧护+生根粉处理的幼苗叶片中茉莉酸含量显著高于对照和生根粉处理组, 分别是其 2.64 倍和 1.29 倍, 其余 4 种激素含量无明显差异。【结论】夏季扦插时, 碧护+生根粉处理显著提高了扦插苗的成活率和出圃率, 相较传统秋季扦插, 育苗周期缩短 5~6 个月。

关键词: 茶树; 短穗扦插; 茉莉酸

中图分类号: S571.1

文献标志码: A

文章编号: 2096-0220(2023)05-0001-09

收稿日期: 2023-06-20 初稿; 2023-08-23 修改稿

基金项目: “十四五”国家重点研发计划项目(2021YFD1601103); 安徽省科技重大专项(202203a06020014、202003a06020021)。

作者简介: 李家兴(2000-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 茶树分子育种与种质创新。E-mail: ljxing0917@163.com

*通信作者: 韦朝领(1968-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 茶树分子育种与种质创新。E-mail: weichl@ahau.edu.cn

朱俊彦(1993-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 茶树分子育种与种质创新。E-mail: zhujunyan1022@163.com

Summer Stem-cutting for Propagating Tea Plants

LI Jia-xing¹, SHU Ming-tao¹, MU Xian-zhi², WEN Hui-lin¹, LIU Sheng-rui¹, LI Ye-yun¹,
WEI Chao-ling^{1*}, ZHU Jun-yan^{1*}

(1. *Anhui Agricultural University State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization / Key Laboratory of Tea Plant Biology and Tea Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hefei, Anhui 230036, China*; 2. *Chaohu Niansheng Agricultural Ecology Co., Ltd., Hefei, Anhui 230036, China*)

Abstract: 【Objective】 To hasten the conventional stem-cutting for propagating tea plants, the procedure was carried out in summer rather than in autumn for cost reduction. 【Method】 Short stem-cutting propagation of tea plants is traditionally conducted in autumn which takes months to allow the seedling development over the winter. The long waiting period delays the operation and increases the cost to the farmers. To overcome the shortcoming, this study experimented by executing the propagation starting in the summer on short-stems cuttings of *Camellia sinensis* ‘Zhongcha 108’. Prior to field planting, the cuttings were pretreated with a rooting powder (RP) or a plant growth regulator VitaCat[®] + the rooting powder (V+RP) or without (CK, replacement with water). Growth of the evolved seedlings were monitored with determination on the contents of relevant endogenous hormones in the plants. 【Result】 Both the rates of survival (i.e., 96.7%) and successful exit-nursery (i.e., 87.8%) were significantly higher on the seedlings with the pretreatment of V+RP than those without. On October 28, 2021, the survival rate of the V+RP-treated seedlings was 10.4% higher than that of CK and 9.2% higher than that of the RP group. And the proportion of well-developed seedlings exiting the nursery was 16.7% higher than that of CK and 20% higher than that of the RP-treated ones. Other than jasmonic acid (JA) in the V+RP-treated seedlings that was significantly 2.64 times higher than that of CK and 1.29 times higher than that of the RP-treated counterparts, no significant differences were found on the tested phytohormones in the plants. 【Conclusion】 Conducting the cutting propagation on tea plants in summer, rather than in autumn as does the conventional practice, with a pretreatment of VitaCat[®] and a rooting powder on the short stems significantly improved the seedling survival and exit-nursery rates. The saving of 5 to 6 months on seedling development would be considerably cost-effective for the plantation operators.

Key words: Tea plant; stem-cutting propagation; jasmonic acid

0 引言

【研究意义】茶是世界三大无酒精饮料之一，因其独特的风味和天然的保健功能而深受人们喜爱。在我国，茶产业已成为山区脱贫攻坚的重要经济作物，茶园良种化是茶产业高质量发展的基础，其发展伴随着良种茶苗的需求也在不断增加^[1]。目前，茶树的繁育与推广多以无性繁殖为主，其中短穗扦插因其能够保持品种的优良特性、育成茶苗纯度高、繁殖系数大、取材方便和发根成苗快等优势，已成为国内茶区育苗的主要方式^[2]。因此，进一步探究并开发高效、稳定的茶树短穗扦插技术是促进茶产业高质量发展的重要力量。【前人研究进展】茶树扦插发根慢，在适宜环境下需要 30 d 左右才会发根，而完成第一轮根系生长需要 60 d 左右^[1]。王耕斌等^[3]发现，夏季扦插

后 25 d 茶苗开始生根，而秋季扦插后 40 d 才开始生根。同时，秋季茶树扦插后，插穗能否顺利越冬是一个重要限制因素，冬季寒冷的气候会对茶苗造成伤害，将直接影响插穗的生根和成活率^[4]；同时，由于扦插时间选在秋季，较长的育苗周期等因素也会直接影响茶苗的市场竞争力。大量研究表明，外源激素处理具有促进插穗生根的作用，并且经外源激素处理后，其成活率也显著提高^[5,6]，同时插穗中的内源激素含量在生根发育过程中也发生了复杂的动态变化^[7]。Gardner 等^[8]研究发现，内源生长素的水平不足可能是造成根系愈伤组织难形成的重要因素，暗示对插穗外源增施生长素是扦插过程中必要步骤。陈通赢等^[9]发现，在剪穗前 15 d 对养穗母树喷施 2,4-D 溶液能明显促进插穗生根，且能够提升插穗的着叶数和成活率。【本研究切入点】目前，相关研究多以秋季扦插

为研究重点，探究不同生长调节剂组合对插穗生根与成活率的影响，然而针对夏季的配套茶树扦插育苗技术尚不成熟。【拟解决的关键问题】本研究开发一种适用于夏季短穗扦插的快速成苗技术，不仅能够消除插穗越冬对其生根和成活率的影响，同时可缩短育苗周期，大大降低了育苗造成的用地与管理成本，将为茶产业高质量发展提供理论基础与技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验试剂为甲基硫菌灵（江苏蓝丰生物化工有限公司）；乙草胺（山东胜邦绿野化学有限公司）；5% 高效氯氟氰菊酯（德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司）；0.16% 多菌灵消毒液（四川润尔科技有限公司）；0.3% 吡啶·萘乙酸（四川省兰月科技有限公司）；ABT1 生根粉（北京艾比蒂生物科技有限公司）；碧护（0.136% 赤·吡乙·芸苔可湿性粉剂，德国阿格福莱农林环境生物技术股份有限公司生产）；15% 噁霉灵（青岛鑫润生物科技有限公司）；腐殖酸叶面肥（南京富典生物科技有限公司）；34% 螺螨酯（德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司）；醚菌酯（温州绿佳进出口贸易有限公司）；啶·丙森锌（青岛奥迪斯生物科技有限公司）；烯啶·吡蚜酮（北京燕化永乐农药有限公司生产）。

试验材料为无性系茶树良种‘中茶 108’，插条取自巢湖市年晨农业生态有限公司母穗园，选用当年生、腋芽饱满健壮、无病虫害的木质化或半木质化的茶树枝条。

1.2 试验方法

1.2.1 大田苗圃建设与消毒

（1）大田苗圃建设 于3月份，施 90~100 kg·667 m⁻² 无害化处理的菜籽饼肥。于5月份将土地翻耕后，制成畦高 20~22 cm、畦宽 120 cm、畦距 25~30 cm，畦长控制在 50 m 以内的苗床。随后在苗床上铺设黄心土，厚度为 4~5 cm 左右，保持畦面平整，并夯实四周。

（2）苗床处理 扦插前 10~14 d 内，用水浇透苗床，再分别向畦面喷施多菌灵（80~100 g·667 m⁻²）和甲基硫菌灵（50~70 g·667 m⁻²）、乙草胺（150~160 g·667 m⁻²）和 5% 高效氯氟氰菊

酯（40~60 g·667 m⁻²）后，畦面覆盖白色塑料薄膜，直至扦插当天揭开。

1.2.2 插穗的剪取与扦插

（1）插穗的剪取 选用当年春季萌发、腋芽饱满、健壮、无病虫害的茶树新梢，剪取 2.0~2.5 cm 插穗，每个穗条具有完整的芽和叶。当天剪穗、当天扦插，若穗量较多导致当天不能及时扦插的插穗，应妥善保管，以免脱水劣变。扦插前，将插穗于 0.16% 多菌灵消毒液中浸泡 2 min，再置于 0.3% 吡啶·萘乙酸溶液浸泡 2 min，最后分别在清水、0.05% 生根粉、0.05% 生根粉与 0.1% 碧护（赤·吡乙·芸苔）混合溶液中浸泡 2~3 min，捞起沥干水后逐一扦插。

（2）扦插 于当年夏季（5月中旬~6月中旬）进行扦插，将插穗斜插于划痕线上，扦插密度为行距 8~9 cm，株距 2.0~2.5 cm，以插穗母叶重叠面积不超过三分之一为宜，插穗下部插入土中，叶柄离地面约 0.5 cm，用土将插穗四周压紧压实。

1.2.3 大田苗圃管理

（1）光照管理 顺畦搭建高度为 40~50 cm 弓形棚，弓距 80~90 cm，再使用遮光率 60%~65% 的黑色扁丝遮阳网覆盖。

（2）水分管理 扦插后立即浇水至浇透为止。在扦插后 90 d 内的晴天无雨日，需要每日浇水 3~4 次，并在下午 17:00 前进行，土壤湿度控制在 65%~75%。

（3）扦插初期管理 扦插后 6~8 d 内，选择在下午 17:00 前，分别向苗床中喷施甲基硫菌灵（50~70 g·667 m⁻²）、15% 噁霉灵（200~350 g·667 m⁻²）、腐殖酸叶面肥（200~350 g·667 m⁻²）和 34% 螺螨酯（50~70 g·667 m⁻²）。扦插后 18 d~20 d 内，选择在下午 17:00 前，分别向苗床中喷施醚菌酯（200~350 g·667 m⁻²）、15% 噁霉灵（200~350 g·667 m⁻²）、腐殖酸叶面肥（200~350 g·667 m⁻²）、啶·丙森锌（50~80 g·667 m⁻²）和烯啶·吡蚜酮（15~20 g·667 m⁻²）。

（4）追肥 插穗开始生根时，开始第一次追施水溶复合肥（氮：磷：钾比例为 15：15：15），以后每隔 10 d 追肥一次，一般连续 4 次。每次追肥量：第 1 次 7~9 kg·667 m⁻²，第 2 次 10~12 kg·667 m⁻²，第 3 次 13~15 kg·667 m⁻²，第 4 次

18~20 kg·667 m⁻²。当苗高至 10~12 cm 时, 按照 25~27 kg·667 m⁻² 追肥。追肥时间选择在下午 17:00 后进行。

(5) 炼苗 当种苗苗高至 25~30 cm 后, 避免强光, 揭开遮阳网炼苗。选择在阴雨天气揭开遮阳网进行炼苗, 若持续高温晴朗的天气, 则选择在傍晚揭开遮阳网, 次日上午 10 时盖上遮阳网进行炼苗, 持续一周后可完全揭开。

1.3 扦插苗长势调查

于 2021 年 8 月 16 日开始, 每隔 15 d 随机取苗, 连续取样五次, 观察统计其新梢长、着叶数、生根数、最长根长、根干重、地上部干重和第二叶叶面积, 每个处理组取苗 30 株, 3 个生物学重复, 共取苗 90 株。于 2021 年 10 月 28 日按照茶树种苗标准 (GB 11767—2003), 随机量取出圃苗的茎粗、苗高和侧根数 (根径在 1.5 mm 以上的根数), 按照达到出圃标准的苗数量: 扦插苗总量进行出圃率计算。新梢长度: 用直尺测出新梢长的高度, 再求每个田间试验组茶苗平均新梢长, 精确至 0.1 cm。叶片数: 对每组内扦插苗的新生叶片数进行测定, 统计每组平均着叶数。生根数: 对每组内扦插苗的生根数进行测定, 统计每组平均根数。最长根长: 对每组内扦插苗的生根数进行测定, 统计每组平均根数。成熟叶叶面积: 取第二叶叶片拍照, 用 Image J 软件分析。地上部干重: 每组扦插苗拔出后, 洗净, 用纸擦干; 于 80℃ 电热鼓风干燥箱中烘干至恒重, 用天平称量地上部重量, 精确至 0.01 g。地下部干重: 每组扦插苗拔出后, 洗净, 用纸擦干; 于 80℃ 电热鼓风干燥箱中烘干至恒重, 用天平称量地下部重量, 精确至 0.01 g。茎粗: 用游标卡尺测定距根颈 10 cm 处的苗干直径, 精确至 0.01 cm。苗高: 根颈至茶苗顶芽基部的长度, 精确至 0.1 cm。

1.4 内源激素含量测定

于 2021 年 8 月 16 日开始, 随机选取 3 个处理的插穗各 30 条, 取第二叶位成熟叶片用于测定激素含量, 每个处理包含 3 个生物学重复, 每隔 15 d 取样一次, 共取 5 次, 取样后立即放入液氮速冻, 并于 -80℃ 冰箱备用。

利用同位素内标法进行 IAA、ABA、SA、JA 和 JA-Ile 激素含量测定。使用液氮充分研磨叶片

样品, 称取 0.08 g 研磨后的样品, 置于 2 mL 离心管中, 向管中加入 1 mL 提取液, 震荡混匀 15 min。混匀后样品以 12 000 rpm 离心 10 min 后, 吸取上清置于新的 2 mL 管子里, 并使用旋蒸仪旋转蒸发 45 min, 向干燥后样品加入 170 μL 50% 甲醇, 震荡混匀 15 min。混匀后样品以 13 000 rpm 离心 15 min, 吸取上清过 0.22 μm 有机相膜后, 置于液相进样瓶中。

LC-MS 分析采用 LC-MS-8040 (日本岛津) 并配备 Shim-pack XR-ODS 柱 (2.0×75 mm, 2.2 μm), 流速设置为 0.27 mL·min⁻¹, 柱温设置为 40℃, 流动相为 A 相 0.05% (v/v) 甲酸水溶液与 B 相 0.05% (v/v) 甲酸/甲醇溶液, 上样体积为 10 μL。运用 AgtQual 软件对数据进行分析。

1.5 数据分析

调查及试验数据利用 Excel 2010 处理, 利用 IBM SPSS Statistics 26 软件对统计指标进行方差分析和 Duncan's 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对扦插苗生长指标的影响

2.1.1 不同处理对扦插苗地上部分生长势的影响

对不同生长阶段扦插苗的新梢长度结果分析发现, 新梢长度随着扦插苗生长呈现逐渐升高的趋势, 在 10 月 15 日达到最高, 碧护和生根粉共同处理组新梢长度最长, 为 14.4 cm, 分别高出对照组 (12.6 cm) 和生根粉处理组 (11.5 cm) 14% 和 25% (图 1A)。对上述材料叶片数观察发现, 碧护和生根粉共同处理组平均叶片数在 10 月 15 日最高, 达到 9 片 (图 1B)。

进一步分析发现, 对照组、生根粉处理组、碧护和生根粉共同处理组的地上部干重分别从 8 月 16 日的 0.36、0.33 和 0.37 g 增加到 10 月 15 日的 0.67、0.59 和 0.74 g, 增重速率分别为 86.1%、78.8% 和 100.0% (图 1C)。成熟叶叶面积统计结果表明, 10 月 15 日对照组、生根粉处理组、碧护和生根粉共同处理组的成熟叶叶面积分别为 9.4、8.7 和 9.8 cm², 碧护和生根粉共同处理组高于生根粉处理组 13% (图 1D)。

综上所述, 碧护和生根粉共同处理组的新梢长、叶片数、地上部干重和成熟叶叶面积等

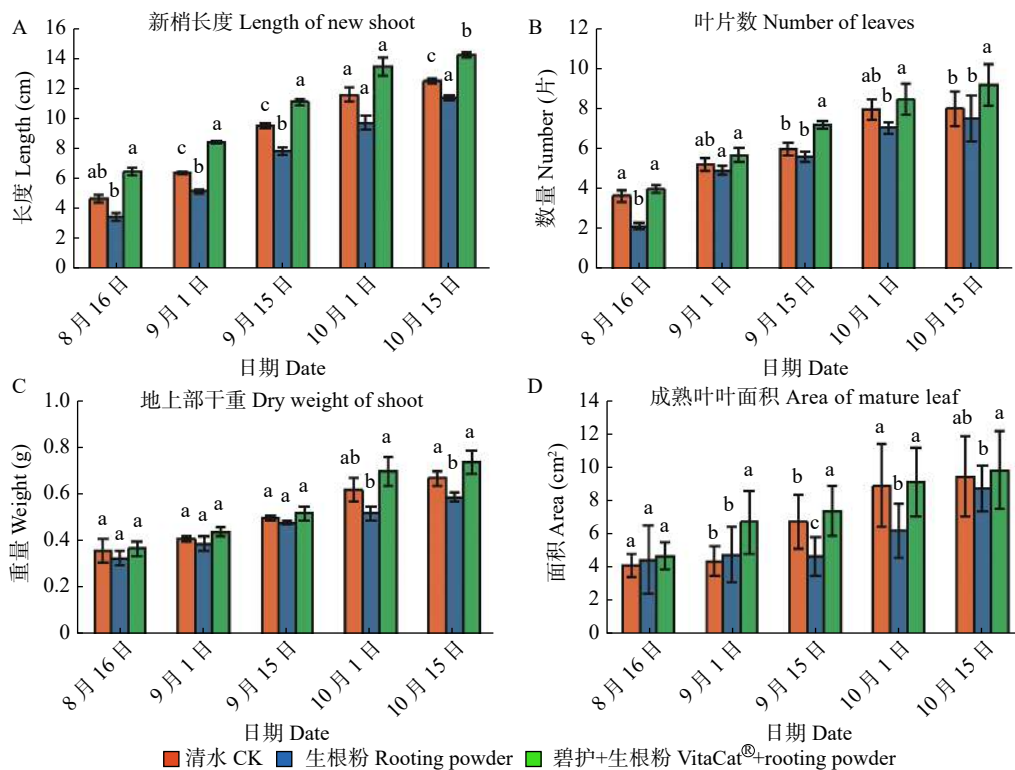


图1 3种处理下扦插苗生长阶段地上部分生长势变化情况

Fig. 1 Growth indicators on aboveground seedling parts of pretreated cuttings in 5 growth stages

注：3种处理分别指CK、生根粉、碧护+生根粉处理组；A、B、C、D分别为3种处理的新梢长度、叶片数量、地上部干重和成熟叶叶面积。数据以3次重复的平均值±标准差表示。不同字母表示统计学差异 ($P < 0.05$)。

Note: The three treatment groups are respectively referred to CK, RP, or V+RP group. (A): Length of new shoots on pretreated seedlings of these groups. (B): leaf count on pretreated seedlings of these groups. (C): dry weight of shoots on pretreated seedlings of these groups. (D): area of mature leaf on pretreated seedlings of these groups. Data are presented as mean \pm SE of 3 replicates. Data with different lowercase letters indicate statistical difference at $P < 0.05$.

地上部分生长指标均高于对照与生根粉处理组，较对照组分别提高了14%、15%、10%和4%，表明碧护和生根粉共同处理插穗后，能够显著提高扦插苗地上部分生长势。

2.1.2 不同处理对扦插苗地下部分生长势的影响

对不同生长阶段扦插苗最长根长结果分析发现，最长根长随着扦插苗生长呈现逐渐升高的趋势，在8月16日至10月1日的生长阶段，碧护和生根粉共同处理组最长根长与生根粉处理组相当，但高于对照组（图2A）。对扦插苗生根数量统计发现，对照组、生根粉处理组、碧护和生根粉共同处理组的生根数分别为16、14和17根（图2B）。

进一步分析发现，对照组、生根粉处理组、碧护和生根粉共同处理组的地下部干重分别从8月16日的0.14、0.14和0.16 g增加到10月15日的0.23、0.23和0.26 g，碧护和生根粉共同处理显

著提高了扦插苗地下部干重（图2C）。根冠比大小能够反映植物地下与地上部分相关性，植株根冠比越大说明植株根系机能活性越大，反之说明植株根系机能活性小^[10]。在不同处理组生长过程中，扦插苗根冠比无显著变化。10月15日，对照组、生根粉处理组、碧护和生根粉共同处理组根冠比分别为0.34、0.39和0.35（图2D）。

综上所述数据表明，碧护和生根粉共同处理组的生根数和地下部干重等地下部分生长势指标均高于对照与生根粉处理组，较对照组分别提高了10%和13%，表明碧护和生根粉共同处理插穗后，能够显著提高扦插苗地下部分生长势。

2.2 不同处理对扦插苗出圃率的影响

通过对扦插144 d（10月28日）后（图3），扦插苗的苗高、茎粗、根数、存活率和出圃率统计分析发现，对照组、生根粉处理组、碧护和生

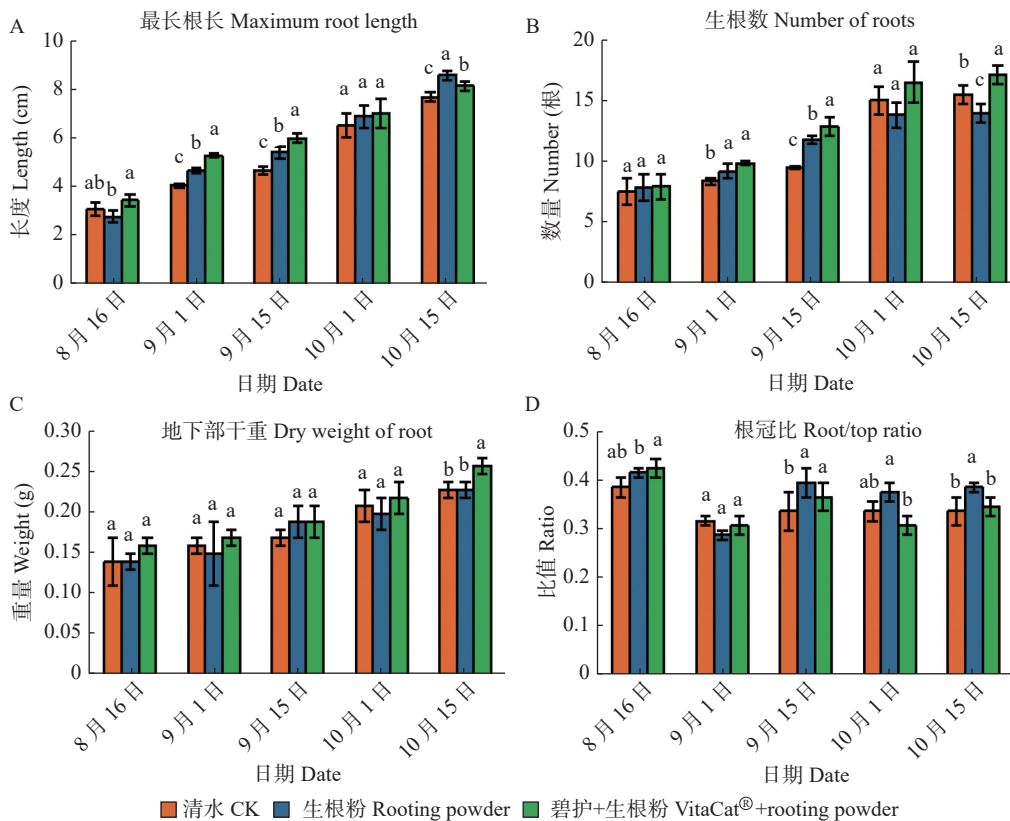


图 2 3 种处理下扦插苗生长阶段地下部分生长势变化情况

Fig. 2 Growth indicators on underground seedling parts of pretreated cuttings in 5 growth stages

注：3 种处理分别指 CK、生根粉、碧护+生根粉处理组；A、B、B、D 分别为 3 种处理的最长根长、生根数目、地下部干重和根冠比。数据以 3 次重复的“平均值±标准差”表示。不同字母表示统计学差异 ($P < 0.05$)。

Note: The three treatment groups are respectively referred to CK, RP, or V+RP group. (A): Length of longest root on pretreated seedlings of these groups. (B): root count on pretreated seedlings of these groups. (C): dry weight of roots on pretreated seedlings of these groups. (D): roots-to-shoots ratio of pretreated seedlings of these groups. Data are presented as mean±SE of 3 replicates. Data with different lowercase letters indicate statistical difference at $P < 0.05$.

根粉共同处理组的平均苗高分别为 28.13、27.42、30.76 cm (表 1)，而茎粗指标在不同处理间无显著差异。存活率变化情况为碧护和生根粉共同处理组优于对照和生根粉处理组，碧护和生根粉共同处理组存活率达到了 96.7%，相对于对照和生根粉处理组分别提高了 10.4% 和 9.2%。出圃率同样为碧护和生根粉共同处理组最高，达到了 87.8%，相对于对照和生根粉处理组出圃率分别提高了 16.7% 和 20%。上述结果表明，碧护和生根粉共同处理插穗能够显著提高茶苗质量和出圃率。

2.3 不同处理对扦插苗内源激素含量的影响

为进一步探究影响扦插苗生长发育的关键内源激素，以上述处理组扦插苗成熟叶片为材料，测定其 IAA、ABA、SA、JA 和 JA-Ile 5 种内源激素含量。对其 IAA、ABA、JA-Ile 和 SA 含量分析

发现，在整个生长阶段中 IAA、JA-Ile 和 SA 含量动态变化不显著，而 ABA 含量仅在 9 月 15 日对照组、碧护和生根粉共同处理组样品中显著上升 (图 4A-D)。对 JA 含量动态分析发现，8 月 16 日至 10 月 1 日期间，碧护和生根粉共同处理组 JA 含量呈现逐渐升高的趋势，最高达到 $14.27 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ，相较于 8 月 16 日提高了 4 倍。进一步对比分析发现，在 9 月 1 日至 10 月 1 日期间，碧护和生根粉共同处理组 JA 含量显著高于对照和生根粉处理组，在 10 月 1 日，其含量分别为对照和生根粉处理组的 2.6 倍和 1.3 倍 (图 4E)。

3 讨论与结论

短穗扦插是目前茶树无性系良种繁育的主要方法，该技术具有保持母株优良特性、发根成苗

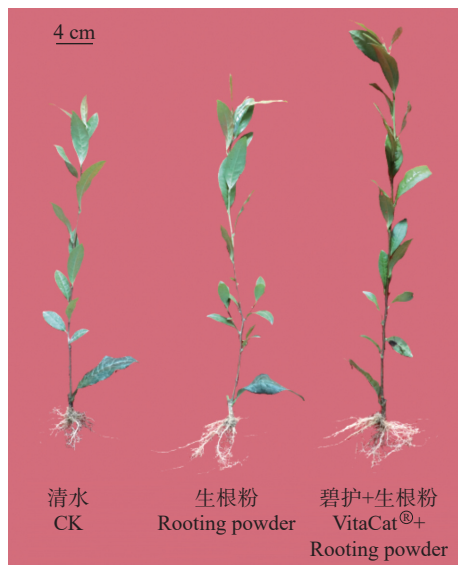


图3 2021年10月28日三种处理下扦插苗出圃情况

Fig. 3 Conditions of seedlings propagated from pretreated cuttings or CK on October 28, 2021

快、繁殖系数大等优点，但是如何提高扦插苗质量和出圃率、降低育苗成本一直是茶叶科技工作者关注和研究的课题^[11]。与传统扦插育苗法相比，容器扦插育苗、营养袋育苗法不但解决了苗床的“心土”问题，且能够培育壮苗，移植不伤根系等优点^[12, 13]，但成本较高限制了其推广。有研究表明，使用激素喷施母树或全浸插穗，能够促进插穗生根，大幅度节约成本，且能提高幼苗成活率^[5, 6]。沈妮等发现使用 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA 浸泡 2 h 后在扦插第 35 d 才开始生根，60 d 后总生根率只有 72.55%，皮层生根率仅为 40.69%；而使用 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ABT1 混合生长调节剂浸泡 2 h 后的插穗发根最早，在扦插后第 25 d 开始生根，60 d 后

总生根率达 98.04%，皮层生根率为 92.25%^[14]。因此，相比单一生长调节剂，混合生长调节剂处理插穗表现出显著的增效作用，不同生长调节剂能够相互弥补各自不足，更有利于不定根形成和新梢萌发，进而获得更佳的促生效果^[15, 16]。

杨婷等^[17]使用‘龙井 43’‘金萱’‘乌牛早’‘白毫早’‘中茶 108’等茶树良种进行夏季扦插发现，种苗出圃率为 72%，但其平均苗高仅为 20.8 cm，低于茶树种苗标准（GB 11767—2003）规定的 I 级种苗（苗高 $\geq 30 \text{ cm}$ ）。本研究结果表明，以 0.1% 碧护（赤·吲乙·芸苔）和 0.05% 生根粉共同处理插穗不仅能显著提高扦插苗地上和地下部分生长势，出圃种苗平均苗高为 30.8 cm，其高度能够达到 I 级种苗要求，同时种苗成活率和出圃率高，可达 96.7% 和 87.8%。

有研究表明，插穗的生根能力与其体内内源激素含量密切相关，外源生根剂可以通过调控内源激素的含量，进而实现对穗条不定根诱导和生长发育的调控^[18]。任恒泽等认为用 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ABT-1 号生根剂浸泡茶树插穗有利于提高插穗茎基部 IAA 含量，并使 IAA/ZR、IAA/ABA 和 (IAA+ZR+GA3)/ABA 值增加，有利于扦插苗根系和地上部的生长^[19]。植物内源激素的含量往往伴随生长发育进程而有显著的变化，这种现象提示在不同生长发育阶段相应由不同的激素起特定作用。茉莉酸（JA）是一种调控植物细胞发育的重要信号物质，参与生长发育过程及环境胁迫响应，如叶片表皮毛发育、花青素积累和抗冻害反应等^[20]。本研究对不同生长调节剂组合处理后插穗发育的幼苗体内激素分析发现，仅 JA 含量表现出随着扦插

表1 扦插 144 d 后插穗生长指标

Table 1 Growth indicators on seedlings 144 d after planting of cuttings

指标 Index	清水 (CK)	生根粉 Rooting powder	碧护+生根粉 VitaCat® + rooting powder
苗高 Height of seedling (cm)	28.13 ± 2.54b	27.42 ± 2.19b	30.76 ± 2.52a
茎粗 Diameter of stem (cm)	0.23 ± 0.03a	0.24 ± 0.04a	0.23 ± 0.03a
根数 Number of roots (根)	2.20 ± 1.00b	2.53 ± 1.24a	2.51 ± 0.55a
存活率 Survival rate	86.3%	87.5%	96.7%
出圃率 Nursery rate	71.1%	67.8%	87.8%

注：以苗高 $\geq 25 \text{ cm}$ 扦插苗计算出圃率，统计根径 $\geq 1.5 \text{ mm}$ 为有效根数。表中同行不同小写字母表示不同处理之间差异性显著 ($P < 0.05$)。

Note: Exit-nursery rate was calculated with seedlings of height $\geq 25 \text{ cm}$; root number based on those with diameter $\geq 1.5 \text{ mm}$. Data with different lowercase letters indicate significant difference at $P < 0.05$.

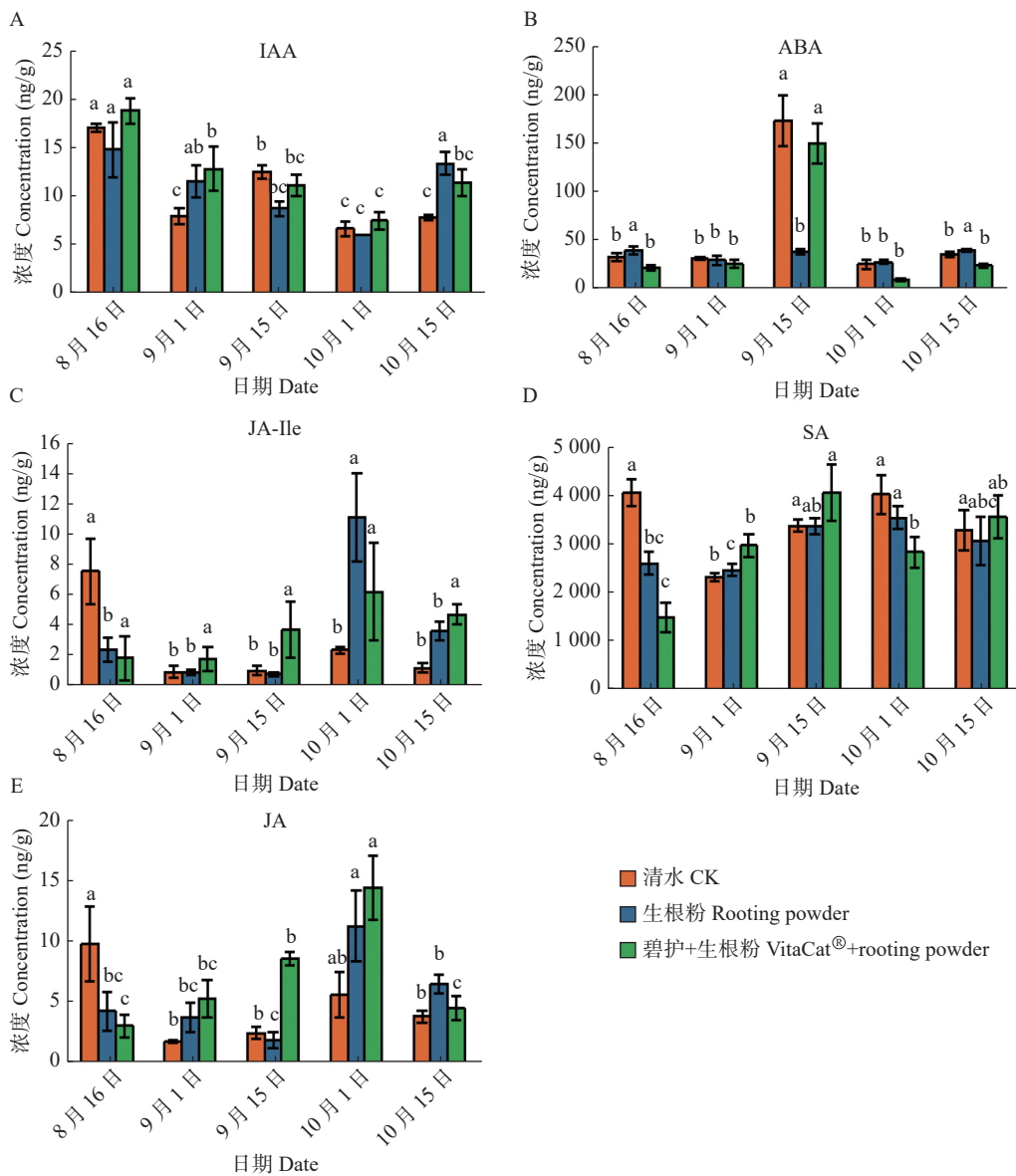


图 4 3 种处理下扦插苗内源激素含量变化情况

Fig. 4 Contents of endogenous phytohormones in seedlings propagated from pretreated cuttings or CK in 5 growth stages

注: 3 种处理分别指 CK、生根粉、碧护+生根粉处理组; A、B、C、D、E 分别为 3 种处理的 IAA 激素、ABA 激素、JA-Ile 激素、SA 激素、JA 激素含量变化情况。数据以 3 次重复的“平均值±标准差”表示。不同字母表示统计学差异 ($P < 0.05$)。

Note: The three treatment groups are respectively referred to CK, RP, or V+RP group. (A): IAA content in pretreated seedlings of these groups; (B): ABA content in pretreated seedlings of these groups; (C): JA-Ile content in pretreated seedlings of these groups; (D): SA content in pretreated seedlings of these groups; (E): JA content in pretreated seedlings of these groups. Data are presented as mean \pm SE of 3 replicates. Data with different lowercase letters indicate statistical difference at $P < 0.05$.

苗发育生长逐渐上升的趋势, 在碧护和生根粉共同处理组中浓度最高可达 $14.27 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 分别为对照和生根粉处理组的 2.64 倍和 1.29 倍, 推测 JA 可能是影响夏季扦插苗快速生长的关键激素。

参考文献

- [1] 段继华, 雷雨, 黄飞毅, 等. 不同茶树品种秋、冬扦插效果比较[J]. 茶叶通讯, 2018, 45(3): 44-47.
- [2] 吴淑平, 吕立哲, 蒋双丰. 茶树扦插繁殖的原理及研究进展[J]. 中国茶叶, 2010(7): 13-14.
- [3] 王耕斌. 茶树快速育苗技术初探[J]. 现代园艺, 2015(22): 13-14.
- [4] 李兰英, 罗凡, 龚雪蛟, 等. 四川地区茶苗高效扦插繁育技术[J]. 现代农业科技, 2023(4): 36-39.
- [5] 闫倩倩, 郭星, 谢飞, 等. 甘肃陇南茶树‘龙井43’扦插生根影响因素的分析[J]. 温带林业研究, 2023, 6(1): 29-34.

- [6] 李先民, 李春牛, 卜朝阳, 等. 基质、促根剂及插穗对杜鹃红山茶扦插生根的影响[J]. *西南农业学报*, 2017, 30(2): 426-431.
- [7] 刘威. 茶树扦插插穗生理生态变化研究进展[J]. *陕西农业科学*, 2017, 63(4): 77-79.
- [8] GARDNER F, PEARCE R, MITCHELL R. *Physiology of crop plants*[M]. Scientific Publishers, 2017.
- [9] 陈通赢, 吴昌洲, 温正军. 喷施2, 4-二氯苯氧乙酸溶液对茶树短穗扦插发根的影响[J]. *茶叶*, 2018, 44(4): 199-201.
- [10] 沈彦合, 胡尚连. 不同维生素浸种对玉米幼苗受钠盐胁迫后根冠比和多胺代谢的影响[J]. *西南农业学报*, 2022, 35(11): 2514-2519.
- [11] 吴淑平, 吕立哲, 郑杰, 等. 茶树短穗扦插成活率的影响因素探析[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(10): 34-37.
- [12] 卢作斌, 何哲, 陈选平, 等. 茶树容器扦插苗一次育成法集成技术与应用[J]. *中国茶叶*, 2020, 42(9): 35-37, 41.
- [13] 赵育惠. 茶树营养袋短穗扦插育苗[J]. *云南农业*, 2017(5): 89.
- [14] 沈妮, 陈利东, 刘凯, 等. 生长素对茶树品系‘紫魁’嫩枝扦插生根的影响[J/OL]. *分子植物育种*. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220706.1416.004.html>.
- [15] 沈江洁, 陈强, 王丹, 等. 3种植物生长调节剂对白杜卫矛嫩枝扦插生根的影响[J]. *河北科技师范学院学报*, 2021, 35(4): 5-9.
- [16] 朱国宁, 袁丛军, 刘梅影, 等. 不同基质和激素对长柄双花木扦插生根的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2021, 320(2): 79-83.
- [17] 杨婷, 黄水有, 张谦. 茶树快速育苗技术初探[J]. *农业研究与应用*, 2014, 155(6): 38-41.
- [18] 俞良亮, 乔瑞芳, 季孔庶. 不同外源激素对杂交鹅掌楸扦插生根过程中内源激素变化的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2007(9): 24-26.
- [19] 任恒泽, 张丽霞, 向勤程, 等. 生根剂处理对于茶树嫩枝扦插内源激素水平和繁殖的影响[J]. *茶叶科学*, 2019, 39(1): 11-22.
- [20] GOMI K. Jasmonic acid: an essential plant hormone[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, 21 (4): 1261.