



茶树嫩枝扦插的高效方法

刘小妹¹, 孙丽莉^{1*}, 傅向东², 廖红¹

¹福建农林大学资源与环境学院根系生物学研究中心, 福州 350002; ²中国科学院遗传与发育生物学研究所, 北京 100101

摘要 茶(*Camellia sinensis*)是世界上最重要的饮料作物之一, 随着种植面积的扩大, 茶苗的需求量也日益增加。传统的扦插育苗方式存在着生根难、周期长和取材难等问题, 因此优化扦插生根的方法十分重要。该研究以较易获得、但传统方法难以生根的绿色嫩枝为扦插材料, 首先对培养介质进行改良。与土培和水培相比, 利用海绵培养可以使茶树幼嫩插穗在1个月之内快速生根, 生根率达32.2%。其次, 对海绵培方法做进一步优化, 确定一芽一叶的幼嫩短穗生根潜力更佳; 同时, 添加生根粉能够促进茶树茎部愈伤组织与根系的形成, 其中1.25 g·L⁻¹生根粉处理48小时对茶树扦插快速生根最有效, 生根率达42.0%。综上, 通过优化培养介质和扦插材料以及适当添加生根粉等措施, 建立了一种茶树高效嫩枝扦插生根的方法。该方法能够显著缩短嫩枝插穗的生根时间, 突破了扦插材料的限制, 有效降低了扦插成本, 具有重要的应用前景。

关键词 茶树, 扦插, 海绵培, 愈伤, 生根

刘小妹, 孙丽莉, 傅向东, 廖红 (2019). 茶树嫩枝扦插的高效方法. 植物学报 54, 531–538.

茶(*Camellia sinensis*)隶属山茶属茶种, 是世界上最重要的非乙醇饮料作物之一, 广泛受到消费者的喜爱(Liu et al., 2015; 张文驹等, 2018)。随着茶叶消费水平的不断提高, 茶树的种植范围随之扩大, 过去20年世界范围内茶园面积增加近1倍(www.fao.org/faostat/), 因此, 对茶苗的需求也日益增加。由于茶树的高度自交不亲和性, 目前主要通过异花授粉方式进行繁殖, 从而导致遗传变异背景复杂(Xia et al., 2017; Wei et al., 2018; 陶乃奇等, 2019)。为了保留优良茶树亲本的特性, 农业上主要采用扦插的方式进行茶苗培育(杨亚军等, 2003; 王爱杰等, 2011)。福鼎大白茶(*C. sinensis* cv. 'Fuding Dabaicha')是适应性强的优良茶种, 已成为全国性推广的主要栽培品种之一(吴婉婉等, 2018), 其主要通过传统的扦插方法进行繁殖(阙玉林, 2009)。

茶树扦插过程中最大的问题就是生根难(周健等, 2005), 很长的培育周期不仅耗时费力, 而且需要特殊的培养基质和插穗材料。在茶树育苗生产过程中, 传统的扦插方法是将茶树半木质化枝条修剪成一芽一叶的短穗, 蘸适量激素后在铺置心土的苗床上进行

扦插, 以促进插穗生根(刘国华等, 2018; 刘任坚等, 2018; 向安清和覃文波, 2018)。从前期枝条留养到插穗生根至少需要60天, 秋季扦插更是要延长到次年春季才开始形成根系(孙仲序等, 2001; 吴练荣, 2003)。农业生产上, 茶树扦插能生根成活最大的突破在于培养基质的确定, 茶农每年育苗都需要重新铺置心土(陈卡宾, 1997)。此外, 对插穗部位的要求也很高, 一般选择茎部半木质化状态(红棕色)的枝条, 即一年生枝条作为插穗, 材料茎部幼嫩或木质化程度太高均影响茶树扦插的生根率以及生根时间(周春发和俞虹莺, 1999; 王雪萍等, 2016)。因此, 茶树生根方法的优化备受关注。

目前, 关于茶树扦插苗培育的研究主要集中于对传统土培扦插过程中的土壤、水分和光照等条件进行优化, 以提高茶树短穗扦插的成活率以及生根率(吴淑平等, 2014)。插穗的生长环境是茶树扦插成功的关键因素, 适宜的土壤环境能够为茶树短穗提供适宜的养分、水分和空气等有利因素, 有效促进茶树短穗下切口快速形成愈伤组织, 并且促进茶树短穗基部形成根系组织(王立, 1993; 孙仲序等, 2001; 孙绪聪

收稿日期: 2019-02-17; 接受日期: 2019-04-23

基金项目: 国家自然科学基金(No.31701989)、农业部农业科研杰出人才及其创新团队和福建省自然科学基金(No.2017J01602)

* 通讯作者。E-mail: lilionsun@163.com

等, 2018)。本研究以福鼎大白茶为主要研究对象, 创新性地利用海绵作为茶树绿色短穗的培养基质, 同时配备一定浓度的生根粉, 快速诱导茶树幼嫩插穗形成愈伤和根系, 旨在探索一种能够应用于农业生产中的、快速简便的茶树短穗扦插生根方法。

1 材料与方法

1.1 植物材料与培养条件

茶树品种为福鼎大白茶(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze cv. 'Fuding Dabaicha'), 采摘季节为春季至秋季, 采自福建省宁德市王家山茶园。选取生长健康、长势良好的茶树作为母株, 从顶端剪取20–30 cm的幼嫩枝条, 茎部未木质化、叶片完整、腋芽饱满(图1)。插穗在福建农林大学根系生物研究中心步入式生长室中培养, 昼夜温度为28/25°C, 白天光照强度为440 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 相对湿度为60%。

1.2 扦插方法

首先对侧枝进行修剪, 下切口以平行于叶片方向斜切, 上切口水平横切, 将枝条修剪成带有芽和叶的插穗, 浸泡于水中。接着, 用锋利的刀片对腋芽下端的茎部进行平行削除制造伤口, 在茎部表面将部分表皮及皮层组织去除, 每株插穗制造3处切口(图1)。用生根粉(禹州正邦化工产品有限公司)处理后, 插穗于不同培养基质中培养, 30天后进行观测记录。

1.3 切片方法

切取茶树插穗基部1 cm左右的茎部样品, 配制浓度为5%的低熔点琼脂溶液(Nacalai tesque公司, 日本), 于43°C进行植物样品包埋, 冷却凝固后使用振荡切片机(VT1200S, Leica公司, 德国)进行切片, 厚度为100 μm 。使用体视显微镜(Axio Zoom. V16, Carl Zeiss公司, 德国)进行观察拍照。

1.4 试验设计

每个处理设置5组平行试验, 每组试验设置10个生物学重复。

愈伤率(%)=(形成愈伤的插穗数/总扦插数) \times 100%;

生根率(%)=(生根的插穗数/总扦插数) \times 100%;

死亡率(%)=(死亡的插穗数/总扦插数) \times 100%。

1.4.1 不同培养基质对茶树生根的影响

不同培养基质的比较试验中, 土壤取自安溪茶园酸性红壤, 土壤理化性质如下: pH4.37 \pm 0.06, (26.2 \pm 1.61) $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 有机质, (52.79 \pm 3.09) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 碱解氮, (117.62 \pm 16.02) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 有效磷, (133.63 \pm 11.15) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 速效钾; 水培液为茶树营养液(改良后的配方, 参考潘根生和小西茂毅(1995)的标准水培营养液的基本组成, 水培体系参考艾文琴等(2018)的栽培方法); 海绵为市售普通透气海绵, 具有较好的保水和透气性。插穗为短穗, 生根粉处理后进行不同基质培

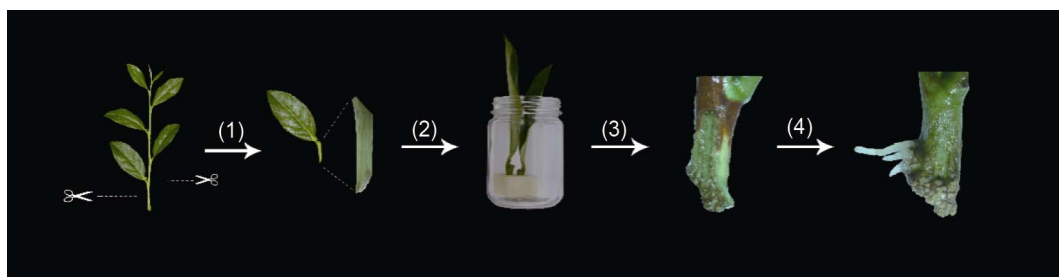


图1 茶树扦插的操作流程图

(1) 将枝条修剪成带有一芽一叶的短穗, 并在腋芽下端的茎部表面制造切口; (2) 将短穗垂直固定于海绵块中间, 用生根粉处理后, 在茶树营养液中培养; (3) 20天后愈伤形成; (4) 25天后根形成。

Figure 1 Procedure of tea plant cutting

(1) Tea plant short branch was clipped from long branch, maintained with one bud and one leaf, and cut with some wounds in the bottom of stem; (2) Short branch was fixed by sponge and cultivated in the bottle with tea plant nutrient solution, after the treatment of rooting powder; (3) Callus came out after 20 d of cultivation; (4) Root emerged after 25 d.

养(具体扦插过程见1.2节), 30天后观测记录。

1.4.2 不同长度插穗对茶树生根的影响

短穗为带有一芽一叶的幼嫩枝条, 长穗为带有两芽两叶的幼嫩枝条, 修剪的枝条经生根粉处理后垂直固定于海绵块中间, 腋芽裸露在海绵上端, 每个海绵块可平行放置2株插穗。生根粉处理后, 在组培瓶中用茶树营养液进行培养。每隔3天向广口组培瓶中补充茶树营养液(潘根生和小西茂毅, 1995), 维持瓶中的营养液体积在10–20 mL之间, 30天后进行观测记录。

1.4.3 生根粉处理对茶树促生的影响

生根粉处理试验共设置3个生根粉处理浓度(分别为1.25、2.5和5 g·L⁻¹); 4个时间梯度(分别为0、6、12和48小时)。培养30天后统计愈伤率、生根率与死亡率。

1.5 数据分析

统计结果利用Microsoft Excel 2010软件计算平均值与标准误。通过SPSS 16.0分析软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 t -测验方差分析。使用SigmaPlot 12.0软件作图。

2 结果与讨论

2.1 不同培养基质对茶树嫩枝生根的影响

首先, 将茶树嫩枝插穗在3种不同的培养基质上(土培、水培和海绵培)进行扦插培养, 并比较其生根率。土培的土壤为安溪茶园酸性红壤(图2A), 水培的营养液为茶树营养液(图2B), 海绵培养用的是市场上孔隙较大的海绵(图2C)。研究表明, 培养30天后, 土培和水培中的茶树枝条均未生根, 而海绵培的茶树枝条已经有相当数量的新根长出, 总体生根率约为32.2% (图2D)。因此, 相比土培和水培, 海绵培有利于茶树枝条的快速生根。进一步观察发现, 海绵培养的茶树插穗茎部伤口会慢慢张开变大, 并有愈伤组织形成(图3, 图4)。培养20天左右, 愈伤组织覆盖整个伤口(图3A, 图4C); 培养25天后, 愈伤处形成根原基, 并不断长出新根(图3B, 图4D); 培养5个月后, 扦插苗已经完全具备健康发达的根系(图3C)。

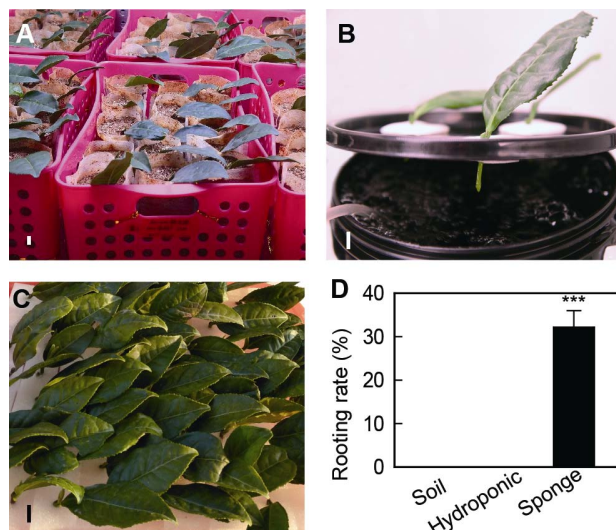


图2 不同培养基质对茶树短穗生根率的影响

(A) 茶园土壤培养茶树短穗; (B) 茶树营养液培养茶树短穗; (C) 海绵培养茶树短穗; (D) 茶树短穗在不同培养基质中的生根率。Bars=1 cm; *** $P \leq 0.001$

Figure 2 Effects of different cultivation matrixes on tea plant rooting ratio

(A) Cultivation of tea short branch in red soil from tea garden; (B) Cultivation of tea short branch by hydroponics; (C) Cultivation of tea short branch in sponge; (D) Rooting rate of tea short branch in different cultivation matrixes. Bars=1 cm; *** $P \leq 0.001$.

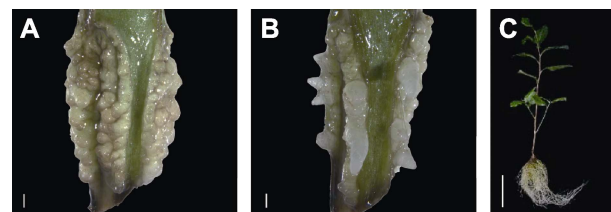


图3 茶树扦插苗的根系发育表型

(A) 培养20天后, 茶树扦插苗的愈伤组织形成情况(Bar=2 mm); (B) 培养25天后, 茶树扦插苗的根系形成情况(Bar=2 mm); (C) 培养5个月后, 茶树的整体长势(Bar=10 cm)。

Figure 3 Root development of tea plant cutting seedling

(A) Formation of callus in the tea plant cutting seedlings after 20 d cultivation (Bar=2 mm); (B) Formation of roots from the tea cutting seedlings after 25 d (Bar=2 mm); (C) Tea plant growth after 5 months (Bar=10 cm).

2.2 嫩枝形态对海绵培茶树插穗生根的影响

由于生产上只能选择茎部半木质化状态(红棕色)的短穗枝条进行扦插, 不仅造成扦插苗成本上升, 而且具有明显的时间限制。我们在海绵培的基础上实现了嫩

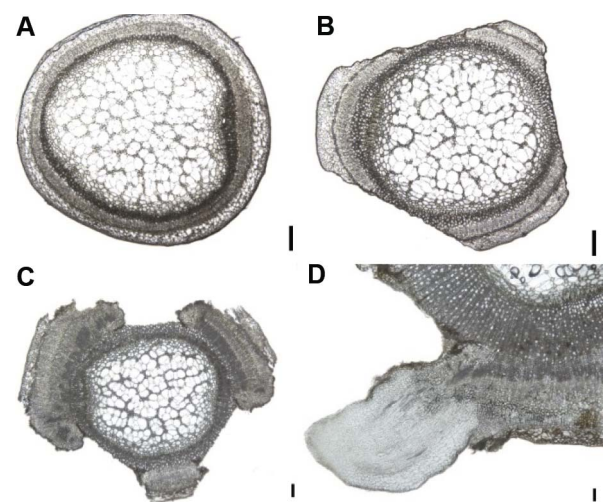


图4 茶树扦插过程茎部横切面
(A) 正常茎部结构(Bar=500 μm); (B) 插穗修剪时在茎部表面制造3处切口(Bar=500 μm); (C) 愈伤组织结构(Bar=500 μm); (D) 茎切口产生的根结构(Bar=100 μm)

Figure 4 Transection of tea plant cutting seedling
(A) Structure of normal stem (Bar=500 μm); (B) Three incisions in stem surface while branch cutting (Bar=500 μm); (C) Structure of callus (Bar=500 μm); (D) Structure of root emerging from stem incision (Bar=100 μm)

枝扦插,突破了材料的限制。为了优化接穗来源,分别用幼嫩短穗(一芽一叶,长度2–3 cm)(图5A)和长穗(两芽两叶,长度6–8 cm)(图5B)进行扦插,并比较其生根率。结果显示,幼嫩长穗在培养30天后并没有形成根,而幼嫩短穗具有较高的生根率(约为34.0%)

(图5C),即海绵培条件下,带有一芽一叶的幼嫩短穗生根潜力更佳。

2.3 添加生根粉对海绵培茶树幼嫩枝条生根的影响

插穗伤口能顺利愈合形成愈伤组织并生根,受多种激素共同调控,单一激素过高或过低都会产生抑制作用(张明泽等, 2016)。为了实现海绵培条件下茶树生根的最大效率,我们对外源添加的生根粉浓度和处理时间进行了探索。对扦插短穗分别进行了不同浓度(1.25、2.5和5 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)和不同时间(0、6、12和48小时)的生根粉处理,培养30天后统计愈伤率、生根率和死亡率(图6)。结果表明,生根粉处理能够促进插穗愈伤组织和根系的形成,在不加生根粉的条件下,则难以形成愈伤和根系组织(图6A–F),表明生根粉处理对愈伤和根系的形成十分重要。生根粉处理促进愈伤组织形成之后,茶树根系也逐渐形成(图3B, 图4D)。生根粉在促进愈伤与根系形成的过程中,随着处理浓度的增加和时间的延长,短穗死亡率呈现上升趋势(图6G–I)。1.25 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 生根粉处理的茶树短穗,其愈伤率和生根率随着生根粉处理时间的延长均呈升高趋势,处理48小时后均达到最大值(分别为74.0%和42.0%)(图6A–F),同时,随着处理时间的延长,茶树短穗的死亡率逐渐降低,处理48小时后死亡率为0(图6G–I)。因此,适当浓度的生根粉能显著促进茶树插穗基部愈伤和根的形成,1.25 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 生根粉处理48小时为最佳生

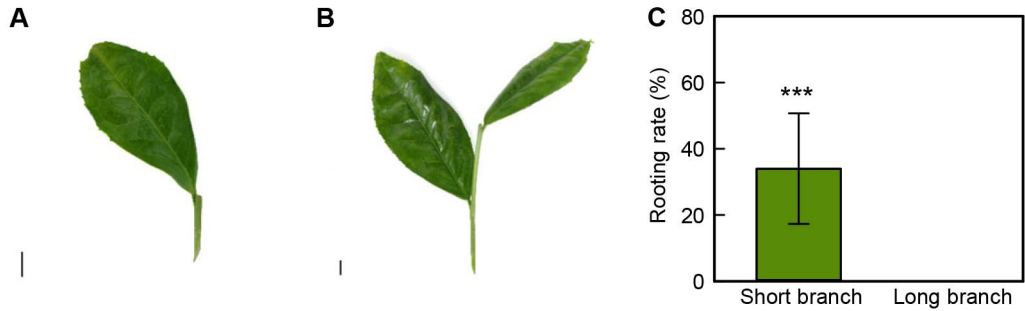


图5 不同长度茶树枝条扦插对生根的影响
(A) 短穗枝条扦插长度示意图(Bar=1 cm); (B) 长穗枝条扦插长度示意图(Bar=1 cm); (C) 不同长度枝条扦插生根率。
*** $P\leq 0.001$

Figure 5 Effects of different branch lengths on rooting rate of tea plant
(A) Schematic diagram of short branch cutting length (Bar=1 cm); (B) Schematic diagram of long branch cutting length (Bar=1 cm); (C) Rooting rate of different tea plant branch lengths. *** $P\leq 0.001$

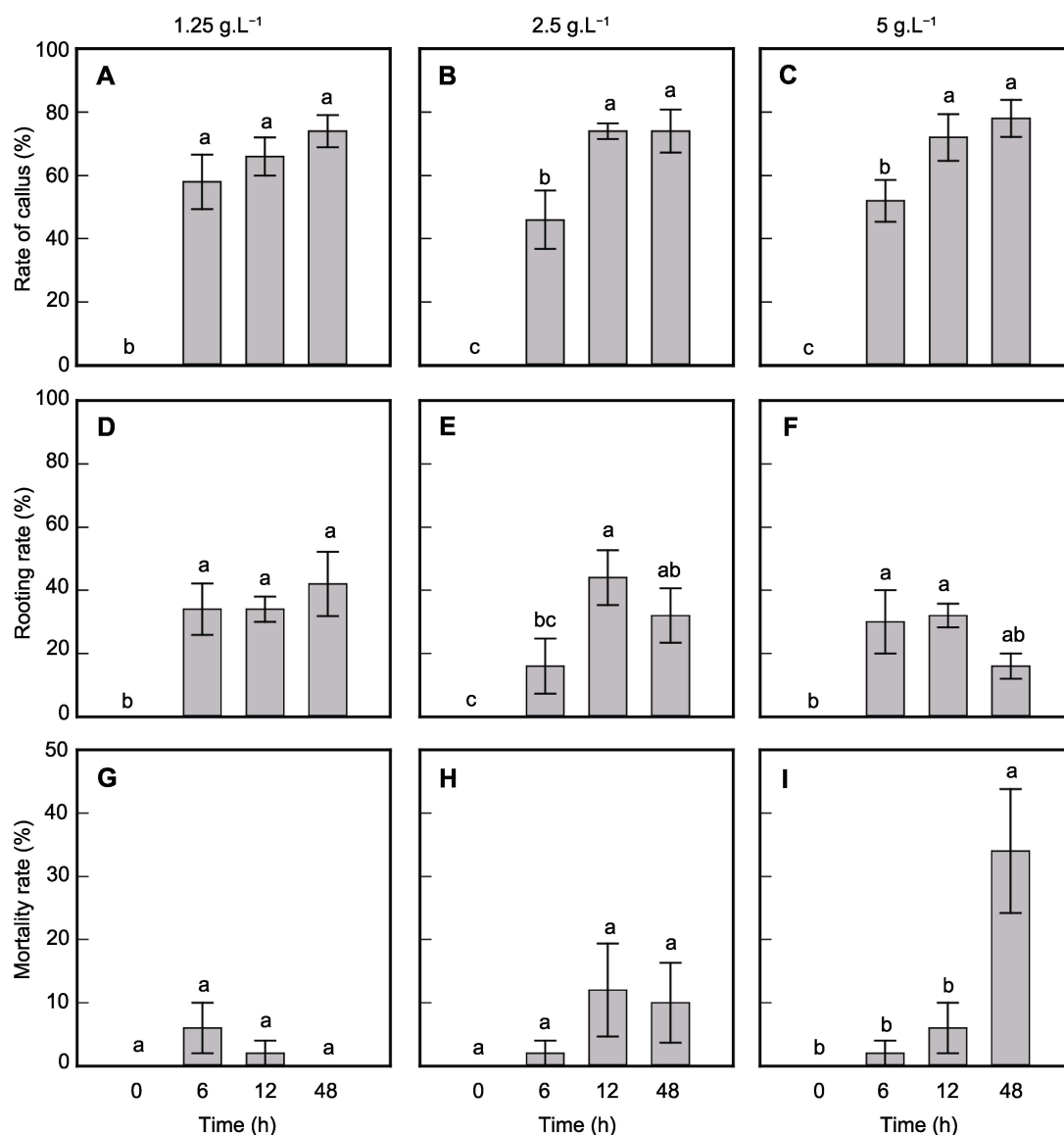


图6 不同浓度的生根粉及不同处理时间对茶树短穗愈伤率、生根率和死亡率的影响

茶树短穗使用3种不同浓度(1.25、2.5和5 g·L⁻¹)的生根粉,分别处理0、6、12和48小时,在海绵中培养1个月后,对茶树短穗的愈伤率(A)–(C)、生根率(D)–(F)和死亡率(G)–(I)进行统计,不同小写字母代表不同处理间差异显著($P \leq 0.05$)。

Figure 6 Effects of different rooting powder concentrations and different treatment time on the rates of callus formation, root formation and mortality

Short branches were cultured in sponge culture matrix, after treated with 3 concentrations (1.25, 2.5 and 5 g·L⁻¹) of rooting powders, for 0, 6, 12 and 48 h, respectively. The rate of callus formation (A)–(C), root formation (D)–(F) and mortality (G)–(I) of tea plants were counted and calculated after 1 month. Different lowercase letters indicate significant differences among treatments ($P \leq 0.05$).

根处理方法。

2.4 讨论与结论

由于茶园面积不断扩大,对茶苗的需求量也与日俱

增,然而茶树生根难的问题极大地限制了茶树的培育进程(周健等,2005)。目前农业生产上,茶树扦插主要通过半木质化短穗扦插的方式进行无性繁殖,该技术较为成熟稳定,已在全国范围内广泛推广(向安清和

覃文波, 2018)。然而, 该技术仍存在着许多问题, 不仅培育周期长, 而且需要特殊的培养基质与扦插材料。虽然陆续有研究对该方法进行改进, 但鲜有能应用于生产实践中的方法。针对上述研究现状, 本研究对培养基质与扦插材料进行优化, 不仅所选基质与插穗简单易得, 而且提高了繁殖系数、缩短了生根周期, 将为生产实践提供理论依据。

2.4.1 培养基质简单, 生根速度快

根系通气和湿度环境对根系的生长至关重要(祁琳等, 2016), 因此, 培养基质是茶树扦插成败的关键因素。生产上茶树扦插地必须每年覆盖心土, 心土为酸性的红黄壤。已有研究表明, 心土的作用是避免切口腐烂、促进插穗生根和防止杂草生长, 茶树在心土上扦插成活率比沙壤高20% (刘诗贤和刘腾飞, 2015)。而在黄心土中掺加一半的普通苗床土, 成活率则能增高5%, 这是由于土壤透气性与保水性提高所致(刘饶等, 2010)。当基质含水率在70%–100%时, 茶苗的根系更加发达(曾建明等, 2005)。然而, 由于心土资源有限, 且心土的不断开采对自然环境造成破坏, 存在安全隐患。本研究所用的海绵材料易得, 在简单灭菌消毒后可重复使用, 而且易于管理, 平均3天浇1次营养液就可满足水分需求, 大大降低了成本投入。更重要的是, 海绵的特点在于其很好的控水与通气效果, 保水而不积水, 使得茶树枝条在海绵中具有很好的生根效果。目前生产上茶树扦插最快3个月左右才能生根, 但是利用海绵培(图2)、配合使用适当浓度的生根粉(图6), 只需1个月就能长出新根(图3B, 图4D), 大大缩短了茶树扦插生根周期。同时, 海绵培养还受扦插季节的限制。传统生产上对扦插季节要求高, 1年最佳扦插时期为9月份, 秋末至次年春天地温低, 茶树生长缓慢, 不利于扦插, 夏季虽然茶树生长快速, 但插穗易失水干枯, 成活率低(余根梅, 2012); 而海绵培养不受外界环境的限制, 只要插穗条件允许, 可随时进行扦插。

2.4.2 插穗部位繁殖系数高

茶树扦插对插穗的要求很高, 通常需要当年生半木质化的红棕色枝条(董丽娟和贺利雄, 1991; 施嘉璠, 1992)。然而, 茶树上最为丰富的扦插资源是完全木质化的老枝条和绿色新展开的枝条, 处于中间部位的

红棕色枝条资源有限。因此, 为了提高繁殖系数, 本研究在海绵培的基础上, 尝试用绿色幼嫩枝条进行培养。我们的研究表明, 绿色幼嫩枝条也能够很好地生根(图3B, 图4D, 图5C)。绿色幼嫩枝条在根系形成过程中, 先在切口位置产生瘤状愈伤组织(图3A, 图4C), 这对插穗水分和养分吸收具有重要作用, 同时也为根系发育创造良好的环境(梁月荣等, 1985; 郭素娟, 1997)。从切片图中可以看出, 根穿过愈伤组织形成(图4D), 说明伤口的制造有助于绿色嫩枝愈伤与根系组织的形成。此外, 与短穗相比, 长穗由于叶片多, 水分蒸发较快, 培养30天后仍无法生根(图5C)。因此, 即便是绿色枝条, 仍然是带有一芽一叶的短穗生根效果好。由于本试验成功地利用海绵实现了幼嫩短穗扦插成活, 因此取材季节可以从春天到秋天, 极大地延长了可扦插的时期, 提高了繁殖系数。

综上所述, 本研究以海绵作为培养基质, 利用带有一芽一叶的短穗作为插穗, 添加适当浓度的生根粉后, 进行无性繁殖, 该方法繁殖系数高, 在20天后即可诱导出大量愈伤组织, 25天开始生根, 显著缩短了生根培养时间, 同时培养基质简单易取, 劳动力的投入减少, 因此具有重要的应用价值。

参考文献

- 艾文琴, 姜瀚原, 李欣欣, 廖红 (2018). 一种高效研究大豆根瘤共生固氮的营养液栽培体系. 植物学报 53, 519–527.
- 陈卡宾 (1997). 茶园心土的选取与铺盖技术. 四川农业科技 (1), 43–44.
- 董丽娟, 贺利雄 (1991). 茶树插穗成熟度对扦插苗影响的观测. 茶叶通讯 (4), 28–31.
- 郭素娟 (1997). 林木扦插生根的解剖学及生理学研究进展. 北京林业大学学报 19(4), 64–69.
- 梁月荣, 刘祖生, 庄晚芳 (1985). 茶树插穗发根的解剖学和生物化学研究. 茶叶科学 5, 19–28.
- 刘国华, 陈莹, 杨士虎, 张宇彬 (2018). 不同激素对白茶茶树扦插生根的影响. 安徽农学通报 24, 69–70.
- 刘饶, 朱焕明, 刘慧平, 吴锡金, 毛昌会, 叶有奇 (2010). 白玉仙茶扦插育苗技术研究. 茶叶 36, 19–20, 18.
- 刘任坚, 刘远星, 王莹茜, 刘少群 (2018). 不同遮光处理对工厂化育苗的影响. 中国茶叶 40(3), 25–28, 33.
- 刘诗贤, 刘腾飞 (2015). 不同处理对北方茶树扦插成活率的研究. 茶叶通讯 42(3), 25–28.
- 潘根生, 小西茂毅 (1995). 供铝条件下氮对茶苗生长发育的

- 影响. 浙江农业大学学报 **21**, 461–464.
- 祁琳, 柏新富, 牛玮浩, 张振华 (2016). 根际通气状况对盐胁迫下棉花幼苗生长的影响. 植物学报 **51**, 16–23.
- 阙玉林 (2009). 福鼎大白茶扦插育苗技术. 农业科技通讯 (1), 142–143.
- 施嘉璠 (1992). 茶树栽培生理学. 北京: 中国农业出版社. pp. 173–177.
- 孙绪聪, 卜凡军, 郑海涛, 张艳艳, 牟朴 (2018). 不同基质对茶树短穗扦插成活率的影响. 中国园艺文摘 **34**(5), 31–32, 69.
- 孙仲序, 刘静, 刘志荣, 邱治霖 (2001). 山东茶树扦插育苗技术研究. 山东农业大学学报(自然科学版) **32**, 285–288.
- 陶乃奇, 张斌, 刘信凯, 周和达, 钟乃盛, 严丹峰, 张敏, 高继银, 张文驹 (2019). 利用荧光标记SSR鉴别21个茶花新品种. 植物学报 **54**, 37–45.
- 王爱杰, 黄彩梅, 刘海燕, 邹天才 (2011). 茶树种子繁殖与幼苗优化培育的探讨. 种子 **30**(8), 105–107.
- 王立 (1993). 茶树扦插生根的理论与实践. 中国茶叶 **15**(5), 2–4.
- 王雪萍, 龚自明, 高士伟, 郑鹏程, 叶飞, 滕靖, 王胜鹏, 郑琳, 刘盼盼 (2016). 不同处理对茶树穴盘扦插生根的影响. 浙江农业科学 **57**, 1052–1054, 1060.
- 吴练荣 (2003). 浅谈茶树插穗留养时期与扦插适期. 茶业通报 **25**, 68.
- 吴淑平, 吕立哲, 郑杰, 任红楼, 党永超, 蒋双丰 (2014). 茶树短穗扦插成活率的影响因素探析. 河南农业科学 **43**(10), 34–37.
- 吴婉婉, 孙威江, 陈志丹 (2018). 福鼎大白茶高效离体再生体系的优化. 中国茶叶 **40**(9), 22–25.
- 向安清, 覃文波 (2018). 茶树露地规模扦插技术. 中国茶叶 **40**(6), 42–43.
- 杨亚军, 虞富莲, 陈亮, 曾建明, 杨素娟, 李素芳, 束际林, 舒爱民, 章志芳, 王玉书, 王海思, 王平盛, 许玫, 宋维希, 郭吉春, 杨如兴, 张文锦, 陈志辉 (2003). 茶树优异资源评价与遗传稳定性研究. 茶叶科学 **23**, 1–8.
- 余根梅 (2012). 茶苗短穗扦插技术. 现代农业科技 (10), 71, 73.
- 曾建明, 谷保静, 常杰, 袁海波, 王丽鸳, 董方帅, 成浩, 周健, 葛滢, 陈圣伦 (2005). 茶树工厂化育苗适宜基质水分条件研究. 茶叶科学 **25**, 270–274.
- 张明泽, 尹晓爱, 杨小礼, 姚玉仙 (2016). 外源刺激物质对茶树扦插繁殖的影响研究. 湖南农业科学 (12), 51–54.
- 张文驹, 戎俊, 韦朝领, 高连明, 陈家宽 (2018). 栽培茶树的驯化起源与传播. 生物多样性 **26**, 357–372.
- 周春发, 俞虹莺 (1999). 茶树扦插育苗试验. 福建茶叶 (3), 17–18.
- 周健, 成浩, 王丽鸳 (2005). 激素处理对茶树组培苗室内直接诱导生根的影响. 茶叶科学 **25**, 265–269.
- Liu Y, Wang DZ, Zhang SZ, Zhao HM (2015). Global expansion strategy of Chinese herbal tea beverage. *Adv J Food Sci Technol* **7**, 739–745.
- Wei CL, Yang H, Wang SB, Zhao J, Liu C, Gao LP, Xia EH, Lu Y, Tai YL, She GB, Sun J, Cao HS, Tong W, Gao Q, Li YY, Deng WW, Jiang XL, Wang WZ, Chen Q, Zhang SH, Li HJ, Wu JL, Wang P, Li PH, Shi CY, Zheng FY, Jian JB, Huang B, Shan D, Shi MM, Fang CB, Yue Y, Li FD, Li DX, Wei S, Han B, Jiang CJ, Yin Y, Xia T, Zhang ZZ, Bennetzen JL, Zhao SC, Wan XC (2018). Draft genome sequence of *Camellia sinensis* var. *sinensis* provides insights into the evolution of the tea genome and tea quality. *Proc Natl Acad Sci USA* **115**, E4151–E4158.
- Xia EH, Zhang HB, Sheng J, Li K, Zhang QJ, Kim C, Zhang Y, Liu Y, Zhu T, Li W, Huang H, Tong Y, Nan H, Shi C, Shi C, Jiang JJ, Mao SY, Jiao JY, Zhang D, Zhao Y, Zhao YJ, Zhang LP, Liu YL, Liu BY, Yu Y, Shao SF, Ni DJ, Eichler EE, Gao LZ (2017). The tea tree genome provides insights into tea flavor and independent evolution of caffeine biosynthesis. *Mol Plant* **10**, 866–877.

An Effective Method for the Rooting of Tea Cuttings

Xiaomei Liu¹, Lili Sun^{1*}, Xiangdong Fu², Hong Liao¹

¹Root Biology Center, College of Resources and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; ²Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract Tea (*Camellia sinensis*) is one of the most important beverage crops in the world. With the expanding cultivation area, the demand for tea seedlings is increasing. However, there are many problems with the traditional breeding method for tea plants using cuttings, such as low rooting rate, time consumption and difficulties to obtain materials. Therefore, optimizing the cutting method is of great importance for tea production. In this study, we first changed the culture medium to sponges and found that tea cuttings were able to generate new roots within 1 month on sponges, with rooting rate 32.2%. Second, we optimized the cutting materials by using fresh green tea branches in sponges, and the rooting potential of young branch maintained with one bud and one leaf is better. In addition, we found that supplying rooting powder to sponges significantly promoted callus formation and new root generation from cuttings. In general, the most effective way was to apply 1.25 g·L⁻¹ rooting powder to cuttings for 48 h, for a rooting rate of 42.0%. We have established an effective rooting method for tea cuttings by optimizing the culture medium, cutting materials and adding optimal rooting powder. This method could shorten the rooting time, avoid the restriction of cutting materials, and thus effectively reduce the expense of tea cuttings, which has application prospects in tea production.

Key words tea plant, cuttings, spongy culture, callus, rooting

Liu XM, Sun LL, Fu XD, Liao H (2019). An effective method for the rooting of tea cuttings. *Chin Bull Bot* **54**, 531–538.

* Author for correspondence. E-mail: lilionsun@163.com

(责任编辑: 朱亚娜)