

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.04.001

桃砧木 GF677 硬枝扦插繁殖技术的正交优化研究

宋海岩^{1,2}, 赵科^{1,2}, 李靖^{1,2}, 郑健萍³, 崔晓龙³, 李景亚³, 陈栋^{1,2*}

(1.四川省农业科学院园艺研究所,四川成都 610066;2.农业农村部西南地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室,四川成都 610066;3.成都市龙泉驿区龙泉山森林公园和水蜜桃产业园管委会,四川成都 610100)

摘要:[目的]探索桃砧木 GF677 高效硬枝扦插繁殖技术。[方法]以桃砧木 GF677 一年生枝条为试材,设置扦插基质、生根剂和插条粗度 3 因素 3 水平正交试验,研究不同因素处理对 GF677 硬枝扦插的生根率和成苗率的影响。[结果]在扦插基质为椰糠和珍珠岩的混合物(体积比为 1:2.5)、10 g/L 生根粉蘸根、插条粗度为 1.0~2.5 cm 时,GF677 的生根率和成苗率均最高,分别达到 90.38% 和 40.38%。[结论]优化了桃砧木 GF677 硬枝扦插繁殖技术,为桃抗性专用砧木的推广和应用提供了研究基础。

关键词:GF677; 砧木; 硬枝扦插; 正交设计

中图分类号:S662.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2023)04-0001-05

Research of Orthogonal Optimization of Hardwood Cutting Propagation Technology of Peach Rootstock GF677

SONG Haiyan^{1,2}, ZHAO Ke^{1,2}, LI Jing^{1,2}, ZHENG Jianping³, CUI Xiaolong³,
LI Jingya³, CHEN Dong^{1,2*}

(1.Horticulture Research Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China; 2.Southwestern Key Laboratory of Horticultural Crops Biology and Germplasm Enhancement, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu, Sichuan 610066, China; 3.Administrative Committee of Longquanshan Forest Park and Peach Industrial Park, Longquanyi District, Chengdu, Sichuan 610100, China)

Abstract: [Objective] Explore the efficient hardwood cutting propagation technology of peach rootstock GF677. [Method] The effects of different factors on the rooting and seedling rate of peach rootstock GF677's hardwood cuttings were studied by using GF677's annual branches as test materials and setting three factors and three levels orthogonal test of cutting substrate, rooting agent and cutting's diameter. [Result] The rooting rate and seedling rate of GF677 were the highest, reaching 90.38% and 40.38%, respectively, when the cutting substrate was a mixture of coconut bran and perlite (volume ratio of 1:2.5), 10 g/L rooting powder was dipped in the root, and the cutting's diameter was 1.0~2.5 cm. [Conclusion] The results of this study optimized the hardwood cutting propagation technology of peach rootstock GF677, and provided a research basis for the promotion and application of resistance rootstock of peach.

Keywords:GF677; rootstock; hardwood cutting; orthogonal design

0 引言

川中丘陵桃产区土壤多由石灰性紫色页岩风化形成,这类土壤物理风化强烈,化学风化缓慢,始终停留在脱钙阶段,碳酸钙质量分数高,一般为

5%~10%, pH 7.5~8.5,极易引起桃树黄化现象^[1-2],目前已成为制约该产区发展的一大难题。近年来,受冬干春旱、夏季暴雨以及长期的土壤养分消耗等因素影响,川中丘陵桃产区叶片黄化现象有愈演愈烈趋势,部分桃园黄化植株比例高达 90%,对桃产

收稿日期:2023-09-21

基金项目:国家桃产业技术体系项目(CARS-31);四川省科技计划项目(22ZDYF0148);桃抗砧 GF677 在重茬和碱性土桃园的生态适宜性研究与应用项目(30205-12-000326);桃新品种及轻简化绿色高效生产技术创新示范项目(30205-12-000280)。

作者简介:宋海岩(1991—),男,河南南阳人,助理研究员,博士,主要研究方向:果树资源与育种, e-mail: shy19913@qq.com。

*通信作者:陈栋(1976—),男,四川巴中人,研究员,博士,主要研究方向:果树栽培与育种, e-mail: 455478962@qq.com。

量和品质影响较大,已成为当地桃产业健康发展的重要限制因子之一^[3-4]。此外,四川桃产业发展历史悠久,目前桃园老龄化问题日益突出,制约着四川省桃产业可持续性健康发展。当前老桃园重茬再植主要采取深翻改土和增施有机肥措施,但改土成本高,种植传统毛桃砧木重茬再植障碍依然明显^[5]。因此,生产中亟需抗重茬、抗缺铁性黄化砧木解决产业发展瓶颈问题。

四川省农业科学院园艺研究所于2003年从意大利引进抗重茬、抗缺铁性黄化桃砧木GF677无性系(脱毒试管苗),经组培快繁和多年多点田间试验,发现该砧木在龙泉山脉等石灰性紫色土桃产区多年种植长势良好^[6-7]。选用抗性砧木GF677是解决四川省桃园老龄化问题日益突出、改土成本高和再植障碍明显的有效途径,但受限于西方技术壁垒,其无性快繁技术在我国尚未得到产业化应用。硬枝扦插是果树无性繁殖常见技术,具有生根率高、育苗时间短、移栽成活率高等优势,结合绿枝扦插可实现果苗周年生产^[8]。基质是影响扦插繁殖效果的关键因素,显著影响不定根的生长。杨帆等^[9]以红壤、椰糠和河沙为原料,研究其不同对比对西番莲扦插育苗根系的影响时发现,红土和椰糠的体积比为3:7时扦插条的生根率最高,红土和椰糠的体积比为5:5时扦插条的根系最长,通过调控椰糠与红土的比例可以调节西番莲扦插苗的生根速度和根系质量。吲哚丁酸(indole butyric acid, IBA)是木本植物扦插最常用的激素,适当浓度下可加快营养物质代谢速度与强度,促进不定根的生长^[10-11]。此外,插条粗度是决定扦插成活率和后期生长的关

键因素。位杰等^[12]研究表明,插条直径达到2.0 cm以上时,扦插苗成活率达100%,且插条直径越大,新梢生长越快。目前国内外关于桃砧木GF677硬枝扦插的研究鲜有报道。本研究以桃砧木GF677一年生枝条为试材,通过设置扦插基质、生根剂和插条粗度3因素3水平正交试验,探索桃砧木GF677的高效硬枝扦插繁殖技术。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于四川省成都市锦江区四川省农业科学院园艺研究所设施栽培区(30°37'2" N, 104°6'55' E),属亚热带季风气候,年平均气温16.2℃,年均降雨量896 mm。

1.2 试验材料

供试材料为桃砧木品种GF677,取自国家西南特色园艺作物种质资源圃(成都);椰糠(无菌水洗椰糠),购自青岛冉美商贸有限公司;珍珠岩、泥炭土、蛭石、IBA及生根粉(有效成分为2%吲丁·萘乙酸),均购自四川省兰月科技有限公司。

1.3 试验设计

1.3.1 三因素三水平正交试验

根据前人研究结果^[13-14]和本团队前期李属砧木硬枝扦插试验结果^[15],本研究以不同的基质及配比(简称扦插基质)、不同的生根剂及质量浓度(简称生根剂)、插条粗度为试验因素,采用3因素3水平 $L_3(3^3)$ 进行正交试验设计,各处理设置3次重复。因素水平如表1所示,正交试验设计如表2所示。

表 1 因素与水平

水平	因素		
	扦插基质(A)	生根剂(B)	插条粗度(C)/cm
1	$V_{椰糠}:V_{珍珠岩}=1:2.5$	IBA 1 000 mg/L	0.3~0.5
2	$V_{泥炭土}:V_{珍珠岩}:V_{蛭石}=3:1:1$	IBA 2 000 mg/L	>0.5~1.0
3	$V_{泥炭土}:V_{珍珠岩}=1:1$	生根粉 10 g/L	>1.0~2.5

注: $V_{椰糠}$ 、 $V_{珍珠岩}$ 、 $V_{泥炭土}$ 和 $V_{蛭石}$ 分别指椰糠、珍珠岩、泥炭土和蛭石的体积;插条粗度即插条基部直径。

1.3.2 方法与处理

2022年2月7日在试验地区域塑料大棚内挖9个深0.2 m、宽1.2 m、长1.5 m的扦插槽,同一处理的3次重复之间以泡沫隔板隔开,底层沿Z字形铺设电热线(调节功率至250 W/m²),上覆3 cm河沙,最后以不同扦插基质(已杀菌)填满扦插槽,浇透水后覆

0.1 mm外银内黑膜。扦插日期为2022年2月17日,插条为当日从国家西南特色园艺作物种质资源圃选取的一年生、无明显病虫害枝条,保留3个以上有效芽并控制长度在10 cm左右,上部以伤口保护剂封口,下部为马蹄形切口,试验共设9个处理,每个处理插条数为90条,设置3次重复。所有生根剂蘸

表2 正交试验设计 $L_9(3^3)$

试验号	扦插基质(A)(水平)	生根剂(B)水平	插条粗度(C)/cm(水平)
1	$V_{\text{椰糠}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:2.5(1)$	IBA 1 000 mg/L(1)	0.3~0.5(1)
2	$V_{\text{椰糠}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:2.5(1)$	IBA 2 000 mg/L(2)	>0.5~1.0(2)
3	$V_{\text{椰糠}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:2.5(1)$	生根粉 10 g/L(3)	>1.0~2.5(3)
4	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{蛭石}}=3:1:1(2)$	IBA 1 000 mg/L(1)	>0.5~1.0(2)
5	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{蛭石}}=3:1:1(2)$	IBA 2 000 mg/L(2)	>1.0~2.5(3)
6	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{蛭石}}=3:1:1(2)$	生根粉 10 g/L(3)	0.3~0.5(1)
7	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:1(3)$	IBA 1 000 mg/L(1)	>1.0~2.5(3)
8	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:1(3)$	IBA 2 000 mg/L(2)	0.3~0.5(1)
9	$V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:1(3)$	生根粉 10 g/L(3)	>0.5~1.0(2)

根时间均为30 s,扦插深度3 cm左右,株行距为10 cm×15 cm;扦插后沿扦插槽四周适当补水,随后不再补水。扦插后45 d随机抽查每个处理中30根插条,每根插条有一个根即为生根,统计生根的插条数量,计算生根率;同时将其余所有生根且展叶的插条带土移栽至28 cm×28 cm营养钵(已补满原扦插基质)中,浇透水并放置于遮阳小拱棚内,2022年4月10日统计新梢能够正常生长的插条数量,计算成苗率。

1.4 数据统计与分析

采用Microsoft Excel 2010和IBM SPSS Statistics 25.0软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

生根率和成苗率是评价扦插效果和繁殖效率的最直观指标。由表3可知,3号($A_1B_3C_3$)处理组GF677的生根率和成苗率最高,分别达90.38%和40.38%。生根率和成苗率最低的是8号($A_3B_2C_1$)处理组,分别为1.25%和0.00%。

极差分析又称直观分析法,其R值能反映各因素对试验结果的影响程度。由表4可知,不同因素对GF677扦插生根率影响效果的排序依次为C>B>A>D;各试验水平的效果排序为 $A_1>A_3>A_2$; $B_3>B_1>B_2$; $C_3>C_2>C_1$,故提高GF677硬枝扦插生根率的最佳组合是 $A_1B_3C_3$ ($V_{\text{椰糠}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:2.5$, 10 g/L生根粉,插条粗度为1.0~2.5 cm)。不同因素对GF677扦插后的成苗率影响效果的排序依次为A>B>C>D;各试验水平的效果排序为 $A_1>A_3>A_2$; $B_3>B_1>B_2$; $C_3>C_2>C_1$,故提高成苗率的最佳组合也为 $A_1B_3C_3$ 。

表3 不同处理组合扦插试验结果

试验号	试验水平			生根率/%	成苗率/%
	A	B	C		
1	1	1	1	33.03	22.62
2	1	2	2	25.71	7.86
3	1	3	3	90.38	40.38
4	2	1	2	35.00	5.00
5	2	2	3	30.00	3.00
6	2	3	1	22.56	2.56
7	3	1	3	52.94	11.76
8	3	2	1	1.25	0.00
9	3	3	2	33.85	16.92

表4 正交试验结果极差分析

指标	因素	k_1	k_2	k_3	R
生根率/%	A	49.71	24.52	36.01	25.19
	B	43.66	18.99	47.60	28.61
	C	14.28	34.85	61.11	46.83
	D(误差)	35.63	32.40	42.21	6.58
成苗率/%	A	23.62	3.52	10.89	20.10
	B	14.46	3.62	19.95	16.33
	C	8.39	9.93	19.71	11.32
	D(误差)	14.18	8.73	15.13	6.40

注: k_1 , k_2 和 k_3 分别表示不同因素各水平下GF677的扦插生根和成苗效果;R为极差。

3 讨论

扦插繁殖具有繁殖速度快、可大规模生产、管理方便等优点,能保持母本优良性状,是林木种苗繁育常用技术,目前已广泛应用于桃^[13]、猕猴桃^[16]、葡萄^[17]等多年生果树。但扦插成功的关键是诱导不定根形成^[18],且生根过程受诸多因素影响,除植物遗传特性外^[19],温度、湿度、扦插基质^[9]、生根剂^[10]和插条粗度等也对生根率有不同程度的影响。本研究以桃砧木 GF677 一年生枝条为试材,通过设置扦插基质、生根剂和插条粗度 3 因素 3 水平正交试验,探索桃砧木 GF677 的高效硬枝扦插繁殖技术。

椰糠具有轻便透气、养分含量高、价格低廉等特点,近年来广泛用作植物育苗基质。但不同作物和品种对椰糠的偏好不同,如滇牡丹嫩枝在椰糠和泥炭的体积为 4:6 的基质上扦插效果最佳^[20];秀雅杜鹃在珍珠岩、蛭石、泥炭土体积比为 1:1:1 的基质中生根效果明显提升^[21];刺柏在珍珠岩和椰糠等比例基质中的生根率超过 60%^[22]。合理搭配育苗基质有利于桃树扦插生根,硬枝扦插生根率最高可达 93.3%^[23]。本试验结果表明,当扦插基质为椰糠和珍珠岩的体积比为 1:2.5 时,GF677 的生根率和成苗率达到最高值,分别为 90.38% 和 40.38%,可满足抗性砧木 GF677 的规模化繁殖与应用。

扦插时施用外源生根剂可以促进枝条内源生长素含量的变化,进一步促进不定根的形成^[24]。吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)、吲哚丁酸(indole butyric acid, IBA)、萘乙酸(naphthalene acetic acid, NAA)、生根粉是常用的植物扦插生根剂。其中,IBA 被认为是最佳的扦插生根剂,已被广泛应用于诱导难生根植物生根,其生根效果优于 IAA 和 NAA^[11]。卯吉华等^[25]的研究发现,萘乙酸和吲哚丁

酸质量比为 1:1 混合处理蒜头果插条的生根效果最好,而单独使用萘乙酸处理插条的生根效果最差。本试验结果表明,以质量浓度为 10 g/L 生根粉(2% 吲丁·萘乙酸)处理 GF677 插条时,其生根率和成苗率高于用 1 000 mg/L 和 2 000 mg/L IBA 时,这与卯吉华等人的研究结果相似。

硬枝扦插所采用的插条通常为一年生或多年生枝条,插条粗度对扦插繁殖的生根率、根系发育和成苗率有显著的影响,如木兰科植物选取基部直径为 0.4~0.8 cm 的插条生根效果最好^[26];吴淑平等^[27]研究发现茶树粗穗的扦插成活率、最长根系、一级侧根数较细穗分别增加 18.2%、7.1 cm 和 3.5 条。生产中常用的核果类果树插条粗度为 0.3~2.5 cm,本研究结果表明,在该插条粗度范围内,随着插条粗度的增加,GF677 的扦插生根率和成苗率呈上升趋势,尤其是当插条粗度为 1.0~2.5 cm 时,扦插效果最好。此外,GF677 为扁桃和山桃的杂交种,生长势极强,冬季所采一年生枝条基部直径可达 2.5 cm,以此为插条具有生根率高、育苗周期短等优势。

4 结束语

GF677 是解决桃叶片黄化和再植障碍问题的专用砧木,也是桃产业向山地、丘区转移的首选砧木。为探索 GF677 高效硬枝扦插繁殖技术,本研究以其一年生枝条为试材,设置扦插基质、生根剂和插条粗度 3 因素 3 水平正交试验,结果表明,在扦插基质为椰糠和珍珠岩的体积比为 1:2.5,10 g/L 生根粉蘸根,插条粗度为 1.0~2.5 cm 时,GF677 的生根率和成苗率均最高,分别达到 90.38% 和 40.38%。本研究结果优化了桃砧木 GF677 硬枝扦插繁殖技术,为桃抗性专用砧木的推广和应用提供了研究基础。

参考文献:

- [1] 马胜兰,况福虹,唐家良,等.种植模式对川中丘陵石灰性紫色土结构和地力的影响[J].土壤学报,2021,58(4):935-947.
- [2] 李睿,孙静,鲍荣粉,等.油菜秸秆覆盖对四川桃园土壤理化性质及桃果实品质的影响[J].四川农业大学学报,2022,40(6):838-846.
- [3] 涂美艳,陈栋,孙淑霞,等.桃树黄化程度与土壤理化指标的关系[J].西南农业学报,2014,27(2):705-709.
- [4] 陈栋,涂美艳,李靖,等.不同黄化程度桃叶片生理指标及矿质养分含量差异研究[J].西南农业学报,2014,27(4):1522-1526.
- [5] 江国良,余国清,陈栋,等.龙泉山脉低产低效桃园升级改造技术[J].四川农业科技,2019(5):13-14.
- [6] 涂美艳,陈栋,邱东昀,等.碱性土上 GF677 与毛桃植株铁素分配规律及根系铁吸收差异研究[J].西南农业学报,2018,31(11):2348-2353.
- [7] 陈栋,邱东昀,钟小江,等.碱性土上 GF677 与毛桃植株生理指标及叶片组织结构对比研究[J].西南农业学报,2018,31(10):2152-2159.
- [8] 高燕,蒋昌华,张春英.基质对 6 个木槿品种硬枝扦插生根效果综合评价[J].浙江农业科学,2022,63(6):1298-1301.

- [9] 杨帆,郭莉娜,董美超,等.基质对西番莲扦插苗生根的影响[J].中国农学通报,2022,38(28):68-71.
- [10] 张梦璐,唐辛艾,邵静涵,等.转录组测序的吲哚丁酸诱导青榨槭不定根发生的激素调控机制[J].北京农学院学报,2023,38(3):93-102.
- [11] 胡国宇,王丹,张猛,等.IBA对费约果扦插生根及相关生理特性的影响[J].中南林业科技大学学报,2021,41(10):45-56.
- [12] 位杰,崔龙,蒋媛,等.不同基质和插条直径对无花果扦插苗生长的影响[J].果树资源学报,2023,4(5):1-4.
- [13] 张帆,王鸿.基质和激素对桃砧木GF677硬枝扦插生根的影响[J].林业科技通讯,2018(12):53-56.
- [14] 张帆,王鸿.桃硬枝扦插生根机理研究进展[J].植物生理学报,2019,55(11):1595-1606.
- [15] 李靖,刘佳,陈栋,等.李砧木硬枝扦插繁育技术研究[J].西昌学院学报(自然科学版),2018,32(1):10-12.
- [16] 孙阳,刘广平,慈志娟,等.软枣猕猴桃冬季硬枝扦插繁育技术研究[J].中国果树,2021(9):63-65.
- [17] 吕英忠,代永欣,张鹏云,等.生长调节剂对葡萄扦插苗水分代谢和碳平衡的影响[J].果树学报,2020,37(4):511-519.
- [18] MHIMDI M, PÉREZ-PÉREZ J M. Understanding of adventitious root formation: what can we learn from comparative genetics [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 1-20.
- [19] 李振芳,张亚东,陈慧玲,等.不同楸树品种根段及枝干萌条内源激素质量分数及扦插生根率[J].东北林业大学学报,2023,51(9):28-33.
- [20] 刘子榕,平怀磊,蒲艳,等.植物生长调节剂对不同基质滇牡丹嫩硬枝扦插的效果[J].北方园艺,2022(23):74-82.
- [21] 李小玲.2种高山杜鹃扦插繁殖条件的优化[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2023,51(4):122-129.
- [22] ABSHAHI M, GARCÍA-MOROTE F A, ZAREI H, et al. Improvement of rooting performance in stem cuttings of savin juniper (*Juniperus sabina* L.) as a function of IBA pretreatment, substrate, and season[J]. *Forests*, 2022, 13(10):1705.
- [23] 白晓燕,王力荣,朱更瑞,等.桃砧木半硬枝扦插繁殖影响因子的研究[J].中国果树,2014(5):36-39.
- [24] YAO T, ZHANG J, YATES T B, et al. Expression quantitative trait loci mapping identified *PtrXB38* as a key hub gene in adventitious root development in *Populus*[J]. *New Phytologist*, 2023, 239(6):2248-2264.
- [25] 卯吉华,卯梅华,贾代顺,等.珍稀濒危植物蒜头果扦插繁殖技术[J].东北林业大学学报,2023,51(7):39-45+67.
- [26] 马玲,耿兴敏,唐明,等.木兰科植物扦插繁殖及生根机理研究进展[J/OL].分子植物育种,1-21[2023-12-07] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20220909.1738.006.html>.
- [27] 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.