

# 桃无性系砧木不定根形成影响因子研究

张帆, 王鸿, 陈建军, 张雪冰

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为明确桃无性系砧木扦插不定根形成影响因子, 给桃砧木无性系繁育提供技术指导。以桃无性系砧木 GF677 一年生绿枝为试材, 观测了外源激素、插穗性状等因素对生根率和根系形态的影响。结果表明, 外源激素 IBA 200 mg/L 和组合浓度 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 是最佳扦插浓度, 生根率为 96.6% 和 93.3%。插穗长度为 15~20 cm, 留 3~4 个半叶, 且直径为 3.5~5.0 mm 的较嫩枝为最佳插穗, 生根率保持在 92.6% 以上。适宜蘸根时间为 10 s, 基质为纯珍珠岩, 或蛭石、珍珠岩、草炭按体积比 1:1:1 配制, 生根率是 93.5% 和 89.7%。6 月中旬至 7 月中旬扦插生根率在 91.9% 以上。综上认为, 桃无性系砧木插穗扦插前需对枝条进行连续喷施 15% 多效唑可湿性粉剂 500 倍液, 或 3 g/kg 磷酸二氢钾水溶液 5 次, 长 15~20 cm、留 3~4 个半叶、直径为 3.5~5.0 mm 的嫩枝插穗在 IBA 200 mg/L 溶液或 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 溶液中浸泡 10 s, 7 月中旬扦插在纯珍珠岩或配方基质中(蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1:1:1), 会获得最高生根率。

**关键词:** 桃无性系砧木; GF677; 绿枝扦插; 不定根; 外源激素

**中图分类号:** S662.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-2172(2023)01-0059-07

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.01.014

## Study on Factors Affecting Adventitious Formation of Peach Clone Rootstock

ZHANG Fan, WANG Hong, CHEN Jianjun, ZHANG Xuebing

(Institute of Fruit and Floriculture Research, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** To understand the factors affecting adventitious root formation of peach clonal rootstock and to provide references for the clonal breeding of peach rootstock. Peach clone rootstock GF677 was used as the test material, and the responses of rooting rate and root morphology to exogenous hormones, cutting characters were studied. The results showed that exogenous hormone IBA at 200 mg/L and combination concentration IBA 120 mg/L plus NAA 80 mg/L were the best cutting concentration, the rooting rates were 96.6% and 93.3%. The length of cuttings was 15 to 20 cm with 3 to 4 half leaves left and the tender branches with a diameter of 3.5 to 5 mm were the best cuttings, which could maintain the rooting rate over 92.6%. The root dipping time was 10 s, the matrix was pure perlite or vermiculite, perlite and peat were prepared according to the volume ratio of 1:1:1, and the rooting rate was 93.5% and 89.7%, respectively. It was determined that the best time for green branch cutting in northwest China was from mid June to mid July with a rooting rate over 91.9%. To sum up, peach clonal rootstock breeding technology system to obtain the highest rooting rate was summarized as belowed: before cutting, spraying paclobutrazol or  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  on the branches for 5 consecutive times, for the cuttings, the length was of 15 to 20 cm with 3 to 4 half leaves left and a diameter of 3.5 to 5.0 mm dipped into IBA at 200 mg/L or IBA at 120 mg/L plus NAA at 80 mg/L for 10 s, grafting could be conducted in mid July with the matrix using pure perlite or vermiculite, perlite and peat prepared at the volume ratio of 1:1:1.

**Key words:** Peach clone rootstock; GF667; Softwood cutting; Adventitious root; Exogenous hormone

中国桃砧木年用量近亿株, 目前以实生种子砧为主, 但实生砧后代易分离, 影响桃树生长与产量品质。“十四五”期间我国的老桃园进入更新高

峰期, 急需大量无性系抗砧木。在欧洲国家, 无性系砧木代替实生砧木, 无性繁殖方法取得了一定进展, 但国内目前仍没有建立起完善的桃砧木

收稿日期: 2022-12-07

基金项目: 甘肃省农业科学院科技成果转化项目(2022GAAS-CGZH06); 国家桃产业技术体系种苗扩繁与生产技术岗位(CARS-30-1-6)。

作者简介: 张帆(1976—), 女, 新疆石河子人, 副研究员, 博士, 主要从事果树栽培生理与育种研究工作。Email: zhfan528@163.com。

通信作者: 王鸿(1973—), 男, 甘肃灵台人, 研究员, 博士, 硕士生导师, 主要从事果树育种与生理生态研究工作。Email: wanghong@gsagr.ac.cn。

无性系繁育体系,因此没有推广普及。因此,研究明确影响不定根形成条件,对形成一套完整的桃砧木无性系繁育技术体系具有重要的理论指导意义。

目前国内外桃绿枝扦插技术应用到规模化生产中的报道不多,主要原因是桃绿枝扦插繁殖存在各种因素的影响<sup>[1]</sup>,且桃属难生根树种,不定根属茎源根系,其形成受诸多因素影响。不定根从根原基发生、分化、发育、生根成活,过程长且复杂<sup>[2-4]</sup>。研究者已明确了扦插不定根形成受植物遗传物质、插条生理状况及木质化程度、扦插时间、环境、基质及外源激素等综合条件影响<sup>[5]</sup>,但针对桃无性系砧木 GF677 的相关研究未见系统分析。

我们以桃无性系砧木 GF677 绿枝为试材进行扦插试验,研究了生根率与外源激素、插穗性状以及扦插时间等因素响应,初步形成一套桃砧木无性系繁育技术体系,以期为桃砧木无性系繁育提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验材料为桃无性系砧木 GF677 (*Prunus amygdalus* × *Prunus persica*, 由法国于 20 世纪 60 年代选育,其根系发达,长势健壮,与桃品种嫁接亲和力强,并具有优良抗逆特性;GF677 通过无性繁殖的方式才能保持其优良的遗传特性)一年生嫩枝。供试外源生长素 IBA、NAA 均由 sigma 公司提供,磷酸二氢钾、多效唑、尿素、氨基酸均为市售。

### 1.2 试验方法

试验设计分 9 部分进行,分别是不同浓度激素及激素组合、不同蘸根时间、不同插穗长、不同插穗直径、不同插穗叶片数量、不同枝条性状、喷施不同化学试剂、不同基质以及扦插日期对 GF677 绿枝生根的影响,并调查分析生根率及根系形态的根长。

选择一年生健康良好无病害枝条,用无菌裁纸刀在基部靠近基芽处削成斜面,斜面成 40~45°角。沿斜面向上削去长 1.5 cm 的韧皮,顶端削平,用封口蜡或伤口促合剂涂抹。严防修剪枝条时造成基部切口的破皮、裂皮、撕裂等。每部分处理

均采用完全区组设计,每处理均为 100 个插穗,重复 3 次。试验统一管理,均采用全光弥雾自动系统,雾化时间为 15 s/3 min,配合叶面感应器,使插穗叶面始终保持湿润。

1.2.1 外源激素及外源激素组合对 GF677 不定根的影响试验 ①外源激素 IBA 浓度试验,共设 6 个处理,分别为 IBA 200、400、600、800、1 000 mg/L,清水对照处理(CK);②外源激素 IBA 和 NAA 组合浓度试验,共设 5 个处理,处理 1 为 IBA 80 mg/L+NAA 120 mg/L,处理 2 为 IBA 100 mg/L+NAA 100 mg/L,处理 3 为 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L,处理 4 为 IBA 140 mg/L+NAA 60 mg/L,处理 5 为清水对照(CK)。

### 1.2.2 外源激素蘸根时间对 GF677 不定根的影响

试验共设 5 个处理,分别为用外源激素 IBA 500 mg/L 溶液蘸根 0(CK,不蘸根)、10、30、60、90 s。

1.2.3 插穗长度对 GF677 不定根的影响试验 共设 3 个插穗长度处理,分别为 8~10、15~20、25 cm。

1.2.4 插穗直径对 GF677 不定根的影响试验 共设 4 个插穗直径处理,分别为 1.5~3.5、3.5~5.0、5.0~7.5 mm,以及 >8.5 mm。

1.2.5 插穗叶片特性对 GF677 不定根的影响试验 根据插穗留叶情况共设 6 个处理,处理(1)为 4~5 个全叶,处理(2)为 4~5 个半叶,处理(3)为 3~4 个全叶,处理(4)为 3~4 个半叶,处理(5)为 3 个半叶,处理(6)为 2 个半叶。

1.2.6 枝条喷施不同化学试剂对 GF677 不定根的影响试验 共设 5 个处理,分别为处理 a, 3 g/kg 磷酸二氢钾水溶液;处理 b, 15%多效唑可湿性粉剂 500 倍液;处理 c, 2 g/kg 尿素水溶液;处理 d, 3 g/kg 氨基酸水溶液;处理 e, 清水对照(CK)。在扦插前 30 d 对砧木枝条进行喷施,每隔 7 d 喷施 1 次,连喷 5 次。

1.2.7 插穗木质化程度对 GF677 不定根的影响试验 根据插穗木质化程度共设 3 个处理,分别为嫩枝插穗、半木质化插穗、木质化插穗。

1.2.8 不同基质对 GF677 不定根的影响试验 共设 4 个基质处理,分别为处理①,珍珠岩;处理②,水洗细沙;处理③,蛭石、珍珠岩体积比为 1:3;

处理④, 蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1 : 1 : 1。

1.2.9 扦插日期对 GF677 不定根的影响试验 共设 3 个扦插日期处理, 分别为 7 月 15 日、8 月 15 日、9 月 15 日。

### 1.3 测定项目及分析

各试验均在扦插 50 d 开始调查统计生根率及根长等指标。插穗直径、长度和根长均采用游标卡尺测量, 生根率用百分数(%)表示。用 Excel 分析作图, 用 DPS 单因素方差分析 (One-way ANOVA), 用最小显著差数法(LSD法)进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源激素 IBA 对 GF677 不定根的影响

外源激素 IBA 对 GF677 不定根形成影响较大(图 1)。随着激素 IBA 浓度的逐渐增加, 生根率呈逐渐下降趋势, 但各激素处理生根率均高于 CK(图 1-A)。其中以 IBA 200 mg/L 处理生根率最高, 为 96.63%, 较 CK 高出 71.63 个百分点; IBA 1 000 mg/L 处理生根率最低, 仅为 32.98%, 较 CK 高出 7.98 个百分点。平均根长与生根率变化趋势一致, 激素浓度越高, 平均根长则越短, 且根系数

量随之减少。其中以 IBA 200 mg/L 处理平均根长最长, 为 7.87 cm, 较 CK 长 5.34 cm(图 1-B, 图 2)。

### 2.2 外源激素 IBA 和 NAA 组合浓度对 GF677 不定根的影响

由图 3 可知, 外源激素 IBA 和 NAA 组合浓度对 GF677 生根率影响较大, 与 CK 相比, 每个组合浓度处理生根率均高于 CK(图 3-A)。在各组合浓度处理中, 随着 IBA 占比的增加, 生根率呈先升后降的变化趋势。组合浓度为 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 时生根率最高, 达 93.30%, 较 CK 增加 65.8 个百分点。平均根长与生根率变化趋势一致, 也是随着 IBA 占比增加呈先升后降的变化趋势, 且同样每个组合浓度处理均长于 CK(图 3-B)。组合浓度为 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 时, 平均根长最长, 为 4.26 cm, 较 CK 长 1.83 cm。

### 2.3 外源激素蘸根时间对 GF677 不定根的影响

如图 4 所示, 随蘸根时间延长, 生根率逐渐降低(图 4-A)。蘸根时间为 10 s 时生根率最高, 为 93.80%, 较 CK 增加 71.60 个百分点; 蘸根时

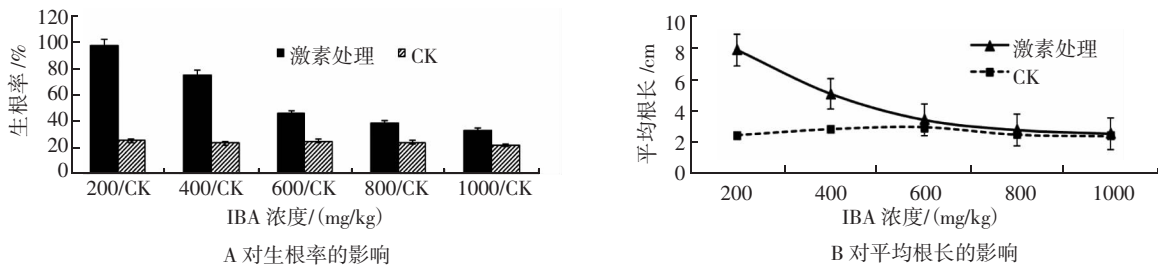


图 1 不同 IBA 浓度对 GF677 不定根的影响

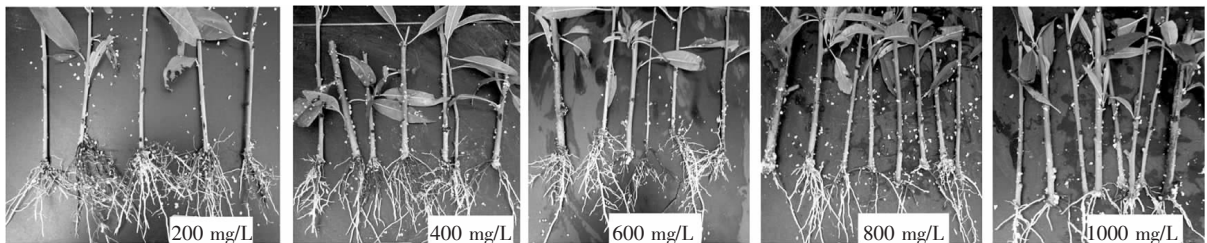


图 2 不同 IBA 浓度处理下插穗 GF677 的根形

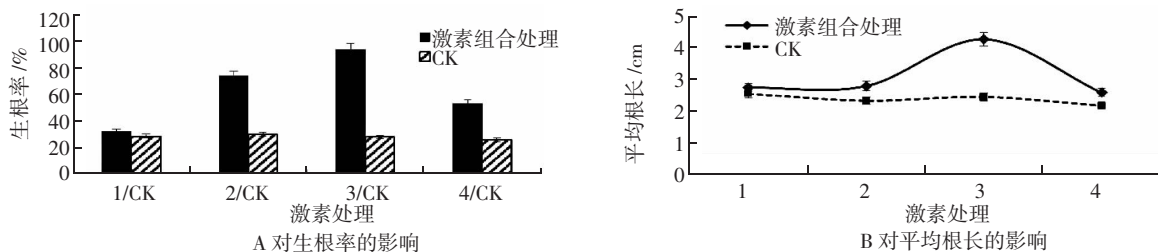


图 3 IBA 和 NAA 组合浓度对 GF677 不定根的影响

间达到最大值(90 s)时, 生根率则降至最低值, 仅为 16.89%, 较 CK 下降 5.31 个百分点。平均根长也随蘸根时间延长呈下降趋势(图 4-B)。蘸根时间为 10 s 时平均根长最长, 为 6.50 cm, 较 CK 长 4.00 cm; 当蘸根时间为试验设计最长时间(90 s)时, 平均根长为 2.67 cm, 仅较 CK 长 0.17 cm。

#### 2.4 插穗长度对 GF677 不定根的影响

插穗长度与生根率呈线性关系(图 5)。随着插穗长度的增加, 生根率呈先升后降趋势(图 5-A), 且当插穗长度 15~20 cm 时生根率最高, 为 93.10%, 较其余处理分别增加 28.10、10.80

个百分点, 这一现象可能与插穗养分和激素运移有关。不定根长度与生根率变化趋势相同, 也是随着插穗长度的增加, 生根率呈先升后降趋势(图 5-B), 当插穗长度 15~20 cm 时, 根长出现峰值, 为 8.34 cm。

#### 2.5 插穗叶片性状对 GF677 不定根的影响

插穗叶片性状同样会影响到不定根的形成(图 6)。试验中各处理因插穗留叶情况不同生根率表现各异(图 6-A), 总的趋势是随着插穗上叶片数量减少生根率呈先升后降趋势。当插穗叶片为 3~4 个半叶时生根率出现峰值, 为 92.60%, 随后生根率下降。根长变化趋势与生根率相似,

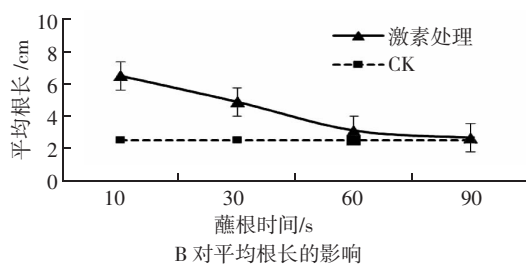
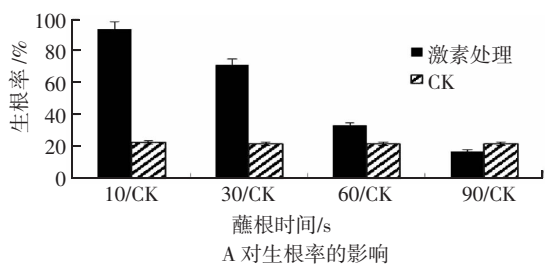


图 4 蘸根时间对 GF677 不定根的影响

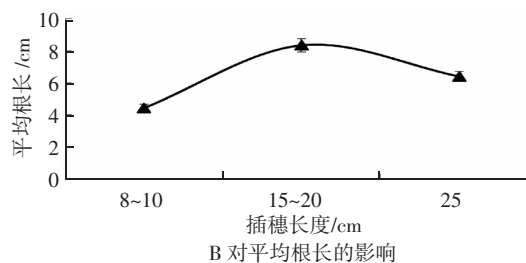
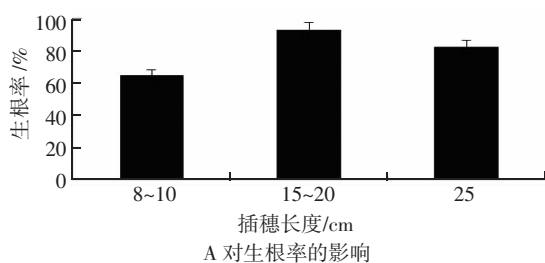


图 5 插穗长度对 GF677 不定根的影响

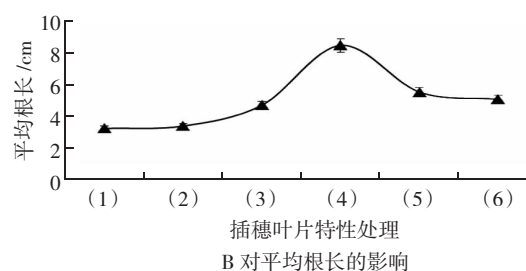
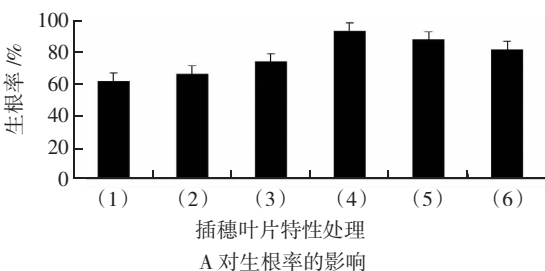


图 6 插穗叶片特性对 GF677 不定根的影响

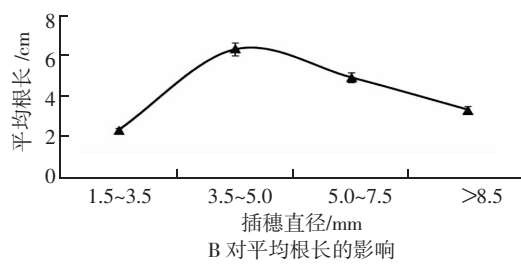
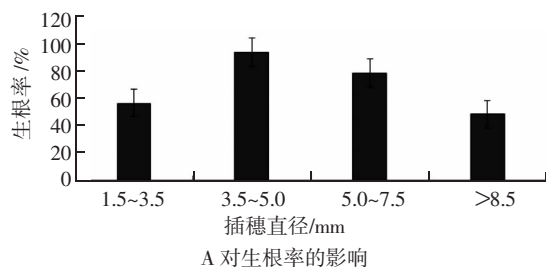


图 7 插穗直径对 GF677 不定根的影响

也随着插穗上叶片数量减少呈先升后降趋势, 3~4 个半叶处理达到最大值, 为 8.50 cm (图 6-B)。

2.6 插穗直径对 GF677 不定根的影响

从图 7 可以看出, 当插穗长度为适宜时, GF677 插穗直径与其生根率关系密切。随着直径的增大, 生根率呈先升后降趋势。插穗直径为 3.5~5.0 mm 时, 生根率最高, 为 95.30%, 且各处理间差异显著(图 7-A)。根长变化趋势同生根率, 也随着插穗直径的增大呈先升后降趋势, 插穗直径为 3.5~5.0 mm 时平均根长达到最大值, 为 6.50 cm(图 7-B)。

2.7 插穗木质化程度对 GF677 不定根的影响

插穗木质化程度不同, 生根率和平均根长不同(图 8)。随着木质化程度加大, 生根率呈下降趋势(图 8-A), 插穗属嫩枝时生根率最高, 为 91.90%。平均根长也随插穗木质化加重而呈下降趋势(图 8-B), 插穗属嫩枝时平均根长最长, 为 6.50 cm。可见, 桃无性系砧木 GF677 插穗以较嫩枝条较为适宜。

2.8 枝条喷施不同化学试剂对 GF677 不定根的影响

扦插前 30 d, 对砧木园枝条进行化学试剂喷施, 发现喷施 15%多效唑可湿性粉剂 500 倍液对 GF677 生根影响最大(图 9-A)。喷施 3 g/kg 磷酸二氢钾水溶液、15%多效唑可湿性粉剂 500 倍液、2

g/kg 尿素水溶液、3 g/kg 氨基酸水溶液处理生根率分别为 94.10%、97.62%、67.65%、67.24%, 较 CK 增加 44.64~75.02 个百分点, 均远高于 CK。平均根长以喷施 15%多效唑可湿性粉剂 500 倍液处理最长, 为 15.32, 较 CK 长 7.47 cm; 喷施 3 g/kg 磷酸二氢钾水溶液处理次之, 为 9.22 cm, 较 CK 长 1.37 cm; 而喷施 2 g/kg 尿素水溶液、3 g/kg 氨基酸水溶液处理插穗平均根长均短于 CK, 分别较 CK 短 1.31、1.51 cm (图 9-B)。

2.9 不同基质对 GF677 不定根的影响

由图 10 可知, 不同基质因其透气保水特性不同, 致使 GF677 生根率和平均根长不同, 珍珠岩, 水洗细沙, 蛭石、珍珠岩体积比为 1:3, 蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1:1:1 扦插基质的生根率不同, 分别为 93.50%、71.20%、53.30%、89.70%(图 10-A)。平均根长变化与生根率基本相似, 珍珠岩, 水洗细沙, 蛭石、珍珠岩体积比为 1:3, 蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1:1:1 扦插基质的平均根长分别为 12.60、10.70、4.30、15.30 cm(图 10-B)。说明珍珠岩和蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1:1:1 均可作为 GF677 的扦插基质。

2.10 扦插日期对 GF677 不定根的影响

基质平均温度为 21℃且较稳定时适合扦插生根。由图 11 可以看出, 随着扦插日期的推后, 生

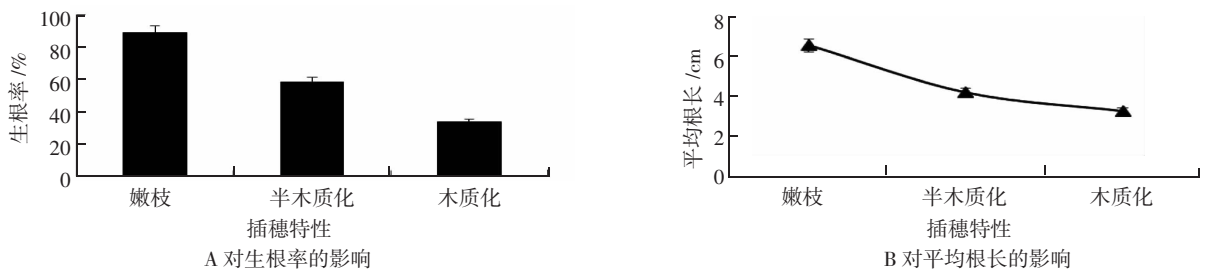


图 8 插穗木质化程度对 GF677 不定根的影响

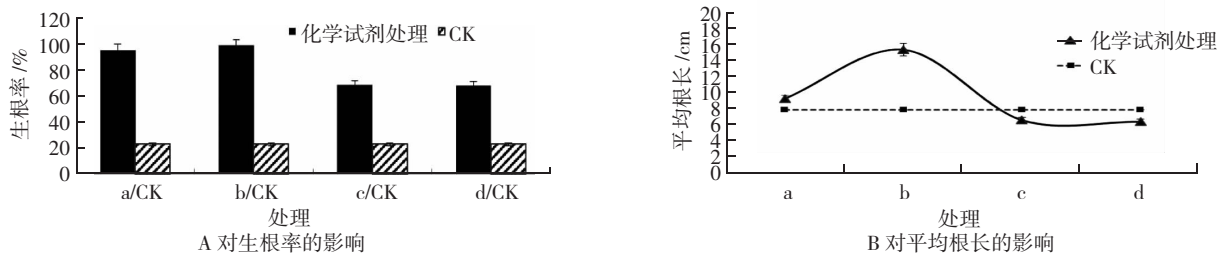


图 9 枝条喷施不同试剂对 GF677 不定根影响

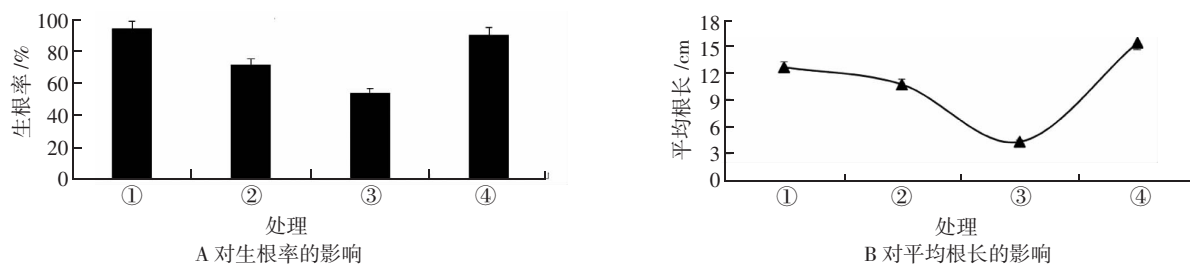


图 10 不同基质对砧木 GF677 不定根影响

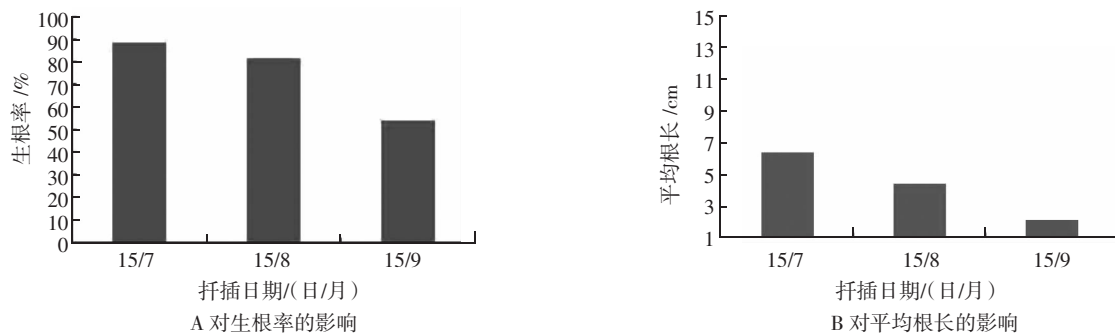


图 11 扦插日期对不定根的影响

根率呈下降趋势(图 11-A),以 7 月 15 日扦插时最高,为 88.3%。平均根长也随着扦插日期的推后呈下降趋势(图 11-B),以 7 月 15 日扦插时最长,为 6.25 cm。

### 3 讨论与结论

桃为难生根树种之一,外源激素诱导生根不可或缺<sup>[6]</sup>。生长素对不定根的形成起关键作用,且被广泛用于植物扦插等方面<sup>[7]</sup>。吲哚丁酸(Indolebutyric acid, IBA)是一类促生根效果较好的生长素,因其稳定性强,易促进插穗内 IAA 合成,能更有效地诱导不定根形成<sup>[8]</sup>。此外,萘乙酸(Naphthalene acetic acid, NAA)同样用于木本植物扦插<sup>[1]</sup>。桃砧木插穗根系细胞是极其脆弱又敏感的,对生长素敏感程度较高,适宜浓度可促进插穗 IAA 合成,有利于不定根形成<sup>[9]</sup>。本试验发现,外源激素处理 IBA 200 mg/L 和 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 生根率较高,为 96.6%和 93.3%,均提高了 GF677 的生根率和根长,这一结果与 Lakehal 等<sup>[10]</sup>一致。说明适宜浓度的外源激素 IBA 和 NAA 可提高插穗诱导阶段氧化酶活性,减缓了其扩散能力,更好地促进了愈伤组织细胞分裂,刺激根原基的启动和增加不定根形成<sup>[11]</sup>。

一般来说,绿枝扦插生根的平均百分比最高出现在夏季<sup>[12]</sup>。在西北地区,插条生根率最高

的季节是中夏至夏末,这个时间段环境温度温度,昼夜温差不大,枝条处于生长最快时段,插穗自身生长激素含量较高。这段时间能持续 25 d 左右,也是桃砧木生根最佳时间段。采穗位置最好是枝条中部和上部较嫩枝、插穗最适宜长度为 25~20 cm、直径为 3.5~5.0 mm,插穗叶片留 3~4 个半叶比较理想,生根率在 92%以上,过多过少都会影响插穗存活。叶片太少时,扦插后短期内插穗不定根还未形成,光合能力低,养分转化会受阻;插穗叶片太多时会引起严重失水,最终影响生根率。采用较嫩枝扦插是由于这个时段正是枝条快速生长期,枝条内源激素含量较高,对外源激素诱导反应敏感,插穗内激素极速运输较快,有利于不定根形成<sup>[1]</sup>,也是插穗愈伤形成,不定根延长的关键时间。

综上,GF677 桃绿枝扦插最好的生根条件是扦插前 30 d 左右,用 15%多效唑可湿性粉剂 500 倍液或 3 g/kg 磷酸二氢钾水溶液对枝条连续喷施 5 次;选用长 15~20 cm、留 3~4 个半叶、直径 3.5~5.0 mm 的插穗,用 IBA 200 mg/L 溶液或 IBA 120 mg/L+NAA 80 mg/L 溶液浸泡 10 s,于 7 月中旬(西北地区),扦插在纯珍珠岩或配方基质(蛭石、珍珠岩、草炭体积比为 1:1:1)中能获得较高生根率,分别为 93.5%和 89.7%。该研

究建立的桃砧木无性系繁育体系可用于难生根树种优良资源的扩大繁殖。

#### 参考文献:

- [1] 张 帆, 王 鸿. 桃绿枝扦插研究进展[J]. 中国果树, 2019 (2): 20-25.
- [2] 王 鸿, 张 帆, 张雪冰, 等. 不同桃自根砧对于旱胁迫的生理响应及抗逆机理研究[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(1): 66-72.
- [3] DÍAZ-SALA C. A perspective on adventitious root formation in tree species[J]. *Plants*, 2020, 9(12): 1789.
- [4] 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: 582020.
- [5] COCHRAN G W. Propagation of peach from soft-wood cuttings[J]. *Pro Amer Soc Hort Sci*, 1945, 46: 230-240.
- [6] BI H T, WANG Y G, SHEN J M, et al. Effects of IBA treatment on rooting of cutting and physiological and biochemical twig of *Catalpa bignonioides*[J]. *Henan Agric. Univ.* 2020, 54: 44-52.
- [7] XU XIAO-ZHAO, CHE QIN-QIN, CHENG CHEN-XIA, et al. Genome-wide identification of WOX gene family in apple and a functional analysis of MdWOX4b during adventitious root formation [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2022, 21(5): 1332-1345..
- [8] 董志丹. IBA 和 GO 调控苹果砧木不定根形成的生理与分子机制研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021.
- [9] HU T, CAO Y, ZHANG GX. Softwood cutting of chionanthus virginicus and changes of endogenous hormone content during rooting period [J]. *Northwest For. Univ.* 2019, 34: 115-121.
- [10] LAKEHAL A, BELLINI C. Control of adventitious root formation: insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions[J]. *Physiologia Plantarum*, 2019, 165 (1): 90-100.
- [11] LI J L, ZHANG X Q. Effect of naphthalene acetic acid on adventitious root development and associated physiological changes in stem cutting of *Hemarthria compressa* [J]. *PLoS One*, 2014, 9(3): e90700.
- [12] STUEPP CA, FRAGOSO RDO, MONTEIRO PHR, et al. Use of renewable substrates for ex vitro production of *Melaleuca alternifolia* Cheel clonal plants by mini-cuttings technique[J]. *Cerne*, 2017, 23: 395-402.