

热带环境下燕窝果嫁接砧木品种筛选及配套栽培技术研究

马林倩^{1,2}, 王婷婷^{1,2}

1. 徐州生物工程职业技术学院农林工程学院, 江苏徐州 221006; 2. 徐州市现代农业生物技术重点实验室, 江苏徐州 221006

摘要: 本研究选取 3 个火龙果品种无刺黄龙、富贵红、金都 1 号作为砧木, 通过系统观测与分析扦插生长势、嫁接成活率、果实性状与品质等关键指标, 确定最适宜的砧木品种, 并结合海南地区的环境条件, 提出配套的栽培管理建议, 旨在为燕窝果产业发展提供坚实的技术支撑。研究结果表明, 综合扦插与嫁接成活率, 富贵红砧木表现最为突出; 在生长势方面, 富贵红砧木对燕窝果的促进作用显著优于其他砧木, 因此确定富贵红为最佳砧木。同时, 研究发现不同砧木对燕窝果的果实性状(单果质量、果皮质量、果肉质量、可溶性固形物、总糖等)影响显著。总结出海南地区燕窝果的适宜栽培条件: 栽培前, 先进行整地起垄, 全园按 17 t/667 m² 用量撒施腐熟羊粪和蚯蚓粪(比例为 3:1), 经旋耕深翻后筑成宽 1 m, 高 25~30 cm, 行距 2 m, 沟深 30 cm 的垄。挑选合适的枝条作为砧木, 处理后于 9 月初按照 7 株/m 的密度定植。10 月上、中旬采用“两芽侧方平接法”进行嫁接, 并套上纸袋, 同时搭建“丰”字型支架。田间管理包括土壤覆盖或种植白三叶与铺地布、依据生长状况调整水肥、主枝超支架 1 m 时进行弯枝留芽以及密切监控烟煤病等常见病害等方面, 确保各项工作有序开展, 以促进燕窝果的生长与发育。本研究为燕窝果产业在海南的发展奠定重要技术基础, 为推动国内燕窝果种植产业进步, 提升市场竞争力提供一定参考。

关键词: 燕窝果; 砧木筛选; 果实品质; 嫁接繁殖; 栽培管理

中图分类号: S667.9 文献标志码: A

Selection of Rootstock Varieties for Pitaya (*Selenicereus megalanthus*) Grafting and Supporting Cultivation Techniques in Tropical Regions

MA Linqian^{1,2}, WANG Tingting^{1,2}

1. College of Agriculture and Forestry Engineering, Xuzhou Vocational College of Bioengineering, Xuzhou, Jiangsu 221006, China; 2. Xuzhou Key Laboratory of Modern AgroBiotechnology, Xuzhou, Jiangsu 221006, China

Abstract: In this study, three pitaya varieties, Spineless Yellow Dragon, Fuguihong, and Jindu No. 1, were selected as rootstocks. Through systematic observation and analysis of key indicators such as the growth potential of cuttings, grafting survival rate, fruit traits and quality, the most suitable rootstock variety was determined. Combined with the environmental conditions in Hainan, corresponding cultivation and management suggestions were put forward, aiming to provide solid technical support for the development of the pitahaya industry. Rootstock Fuguihong performed the best in the comprehensive survival rate of cuttings and grafting. The promoting effect of growth potential on pitahaya was significantly better than that of other rootstocks. Therefore, Fuguihong was determined as the optimal rootstock. Meanwhile, different rootstocks had a significant impact on the fruit traits of pitahaya (including 10 traits such as single fruit weight, peel weight, pulp weight, soluble solids, and total sugar). During the cultivation and management process, the suitable cultivation conditions for pitahaya in Hainan were summarized. Before cultivation, the field should be prepared and ridged first. 17 tons/667 m² of decomposed sheep manure and earthworm manure in a ratio of 3:1 were spread over the whole garden. After rotary tillage and deep plowing, ridges with a width of 1m, a height of 25–30 cm, a row spacing of 2 m, and a ditch depth of 30 cm were built. Appropriate branches were selected as rootstocks. After

收稿日期 2025-03-02; 接受日期 2025-06-12

基金项目 江苏省农业三项工程项目[No. sx(2010)037]; 江苏现代农业(花卉)产业技术体系徐州推广示范基地项目(No. JATS[2018]030); 徐州市科重点研发计划项目(No. KC21138)。

作者简介 马林倩(1983—), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 果树、花卉栽培与病虫害防治; E-mail: 3150006925@qq.com。

treatment, they were planted at a density of 7 plants per meter in early September. In the first and second ten days of October, the “two-bud side flat grafting method” was used for grafting, and paper bags were put on. At the same time, a “丰”-shaped scaffold was built. Field management included soil covering or planting white clover and laying ground cloth, adjusting water and fertilizer according to the growth status, bending branches and leaving buds when the main branches exceeded the scaffold by 1 m, and closely monitoring common diseases such as sooty mold to ensure the orderly progress of all work, thus promoting the growth and development of pitahaya. This study would lay an important technical foundation for the vigorous development of the pitahaya industry in Hainan, effectively promote the progress of the domestic pitahaya cultivation industry, and significantly enhance its market competitiveness.

Keywords: pitahaya (*Selenicereus megalanthus*); rootstock selection; fruit quality; grafting propagation; cultivation management

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.09.006

燕窝果 (*Selenicereus megalanthus*) 又称麒麟果, 属于仙人掌科火龙果属^[1]。燕窝果原产于哥伦比亚和厄瓜多尔, 其果实表皮布满刺状物, 呈现独特的黄皮白肉形态, 相较于普通火龙果种子更大且数量较少。燕窝果口感细腻爽滑, 甜度较高, 富含多种对人体有益的营养成分, 如维生素 C、膳食纤维、铁元素、少量植物性蛋白等, 可食率约为 70%, 且果味芬芳, 富含多种萜类、酮类和内酯类化合物等^[2-3]。燕窝果因其独特的外观、清甜的口感及丰富的营养价值在水果市场中备受瞩目, 具有极大的市场潜力。目前, 中国燕窝果种植面积约 3333 hm², 以海南、广东等热带及亚热带地区为核心产区, 种植技术已实现标准化与成熟化。但国内燕窝果规模化种植仍处于起步阶段, 市场供应主要依赖进口。

燕窝果的繁殖方式主要有种子繁殖、扦插繁殖和嫁接繁殖 3 种^[4-5]。种子繁殖虽操作简便, 成本较低, 且能一定程度上保持遗传多样性, 有利于筛选具有优良性状的个体, 但该方法存在后代性状不稳定、后代分化严重、难以保证母本的优良性状得以延续、果实品质参差不齐等明显缺陷; 扦插繁殖则因燕窝果茎秆肉质特性, 易引发腐烂及病毒感染问题, 不仅成活率偏低, 还可能导致后期产量下降、果实商品性降低, 实际应用受限; 嫁接繁殖则具有整合接穗与砧木优良性状优势、增强植株的抗性、提高其抗病虫害和抗不良环境的能力, 繁殖速度也较快。但嫁接繁殖对技术要求较高, 需要掌握合适的嫁接时间、方法以及确保接穗和砧木之间具有良好的亲和力。因此, 需要较高的种植管理技术水平。

目前, 在针对燕窝果嫁接繁殖中适宜砧木的选择研究方面尚不够深入, 且在燕窝果的栽培管理方面缺乏系统的规范和参考。本研究以与燕窝

果亲缘关系最近的 3 种火龙果砧木作为研究对象, 通过探索不同的栽培种植方式, 筛选出最适合海南地区燕窝果嫁接繁殖的砧木品种, 并提出相应的最适栽培管理建议。本研究立足于海南省东方市的生态条件, 针对燕窝果嫁接繁殖中存在的突出问题展开深入研究, 对于推动当地燕窝果产业的持续健康发展具有重要现实意义。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 材料 试验选用无刺黄龙、富贵红、金都 1 号 3 个品系的火龙果砧木, 每个品系 300 株, 共计 900 株。所有砧木均为一年生枝条, 以保证试验材料的一致性和可比性, 便于准确评估不同砧木对燕窝果生长和发育的影响。

1.1.2 试验地概况 试验地位于海南省东方市四更镇虹华园艺有限公司火龙果基地, 面积为 0.4 hm²。该地区气候条件优越, 年平均气温约 25 ℃, 年降水量为 769.4 mm, 年日照时数为 2318.6 h, 日照率为 62%~67%, 极端最高气温为 41 ℃, 极端最低气温为 12 ℃。充足的光照和适宜的温度为燕窝果的生长提供了良好的气候基础。试验地土壤类型为细沙, 前茬植物为菊花, 经改良后用于本次试验。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验采用随机区组设计, 将试验地划分为 3 个区组, 每个区组设置无刺黄龙、富贵红、金都 1 号 3 种砧木处理。每小区按相同株行距 (15 cm × 40 cm) 进行栽植, 确保植株生长过程中的空间条件一致, 减少环境因素对试验结果的干扰。

1.2.2 扦插试验 在同一时间, 对各砧木枝条基部进行相同的激素处理^[6-7]。截取的砧木枝条以长

60~80 cm 为宜(过短营养积累跟不上,过长不易上架)。用阉芽剪阉掉砧木枝条上的所有芽眼,切除砧木插条基部的肉质茎,留有维管束方便扦插。扦插前,用 3% 甲霜恶霉灵(1000 倍稀释)+生根原液(800 倍稀释)混合均匀,将砧木枝条基部浸泡 3~5 min 后拿出,充分晾干后将长 5 cm 的维管束全部插入基质中。扦插基质统一配制标准:扦插基质按泥炭:沙:腐熟发酵后的羊粪为 2:1:1 的比例,扦插深度为 10~30 cm。扦插前保持基质湿润(含水量为 35%~40%),扦插后进行统一水分管理(保持基质干燥不能给水),直至生根。同时,将扦插苗置于农业园基地相同光照条件下培养,光照时间为每日 10 h。定期观察记录插穗的生根时间、生根数量、茎增粗情况等指标,直至插穗达到可嫁接的标准,为后续嫁接试验做好准备。

1.2.3 嫁接试验 当砧木扦插成活且生长至适宜嫁接阶段时,选取生长健壮、芽体饱满且无病虫害的燕窝果枝条作为接穗,每个接穗保留 2 个芽点。嫁接操作均由同一熟练技术人员采用“两芽侧方平接法”^[8]进行,以确保嫁接技术的一致性。嫁接后,将嫁接苗置于相同温湿度条件的设施内进行养护管理,温度控制在 18~26 °C 之间,湿度保持在 30%~40% 之间。愈合期内密切关注接口愈合情况、接穗萌芽时间与生长状况等指标,及时统计嫁接成活率,并在后续生长过程中持续观察记录燕窝果在不同砧木上的生长势、果实性状等相关数据,全面评估不同砧木对燕窝果生长和发育的影响。

1.2.4 可溶性固形物含量测定 依据上述嫁接方法将燕窝果嫁接在不同砧木上。果实成熟后,从 3 种砧木的果实中分别随机选取果实 5 个,将其果肉剥取并混合均匀,随机选取 5 份,挤压得到果汁。然后采用数显测糖仪 Atago (PAL-1) 测定果汁的可溶性固形物含量。每处理重复测定 10 次,计算所得数据的平均值。

1.2.5 果实、果皮质量称重 选用精度为 0.01 g 的电子天平对不同种植批次收集的燕窝果进行称量。使用记号笔和标签纸对每个燕窝果样本进行编号,将燕窝果放在干净的托盘,再置于电子天平上,待天平示数稳定后,记录果实总质量。用锋利的水果刀小心地沿火龙果的表皮将果皮完整地削下,尽量保证果肉与果皮分离完全,且不损失果肉和果皮。将分离后的果皮放置于电子天平

托盘上进行称重,记录果皮质量。通过果实总质量减去果皮质量,得到果肉质量。

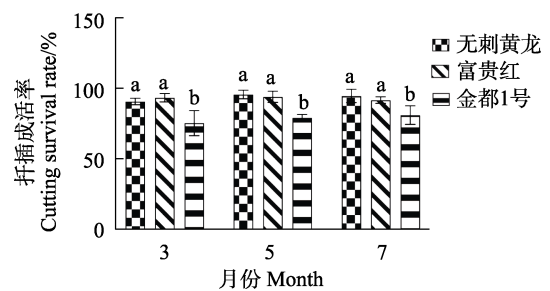
1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件对试验数据进行统计分析,所有数据均以平均值±标准误表示。百分比数据先将其转换为反、正弦平方根的形式,再进行相应的统计分析。采用 One-way ANOVA 和 *t* 检验法进行数据平均值比较。采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 砧木扦插成活率

选取处理好的无刺黄龙、富贵红、金都 1 号各 300 株作为样本,扦插于相同基质的 3 块地中,确保土壤条件、水分供应、光照等环境因素保持一致。在生根期,管理与施肥操作均严格遵循统一的农事操作规范。结果显示,12~15 d 插穗开始生根,40 d 左右积累够嫁接所需营养。其中,无刺黄龙生根速度较快、茎增粗迅速、营养积累高效,扦插成活率较高,3 批次试验平均成活率为 94%;富贵红生根与茎增粗速度也较快、营养积累良好,但其扦插成活率稍低于无刺黄龙,平均成活率为 93.6%,但二者之间无显著差异;金都 1 号生根、茎增粗及营养积累均相对较慢,成活率偏低,试验平均成活率仅为 79% (图 1)。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。
Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P < 0.05$).

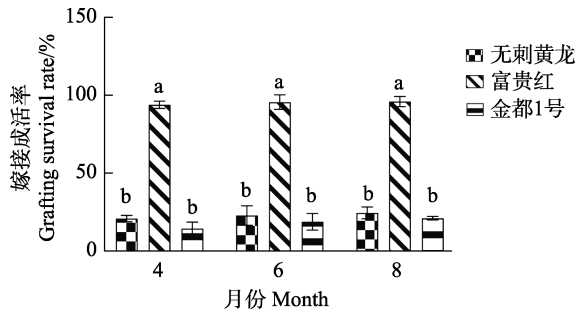
图 1 2021 年不同月份不同砧木扦插成活率

Fig. 1 Cutting survival rate on different rootstocks in different months of 2021

2.2 嫁接成活率

选取健壮燕窝果芽作为接穗(均留双芽点),分别嫁接到成活砧木上,各品系 300 株,嫁接后管理相同,包括温湿度调控、病虫害防治、水肥管理等方面均保持一致。30 d 后观察接口生芽情况发现,以富贵红为砧木时,嫁接芽饱满、生长迅速、

患病率低、结实早、果形大、果皮亮黄，试验平均嫁接成活率高达 95%；以无刺黄龙为砧木的嫁接芽生长势弱、生长缓慢、易患软腐病、果形小、结果率低、果皮灰黄，试验平均嫁接成活率为 23%；以金都 1 号为砧木的嫁接芽生长势弱、不易结实，虽嫁接成活率为 19%，与无刺黄龙相差不大（图 2），但果实长势极差，具体果实性状见图 3。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。 Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P<0.05$).

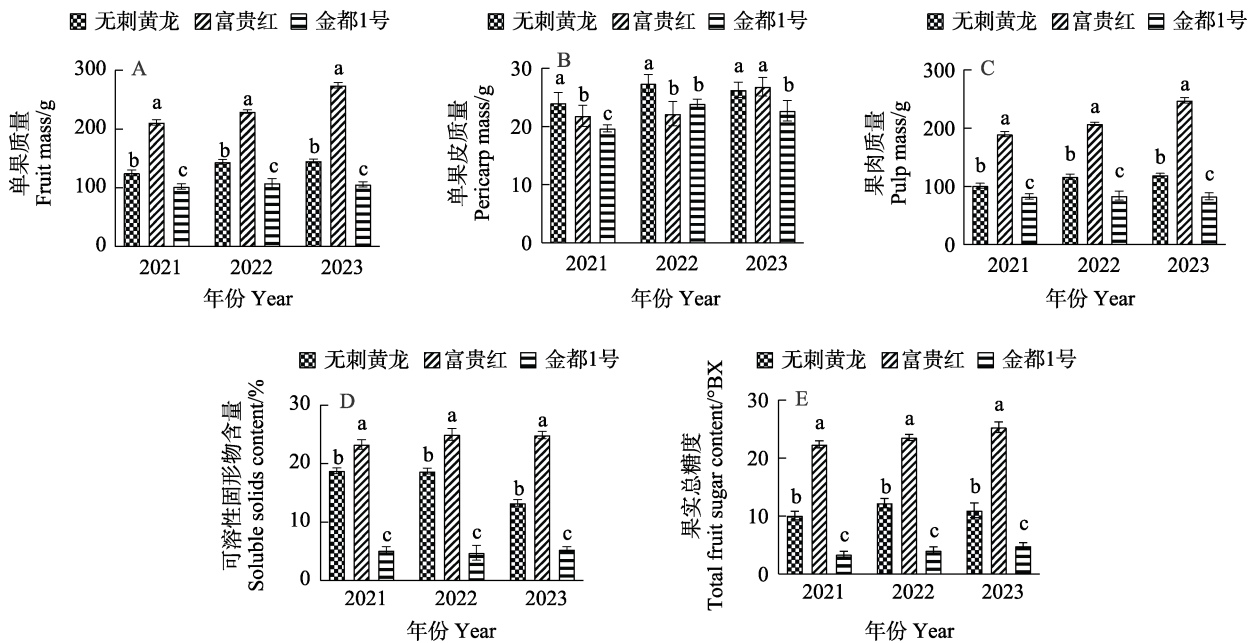
图 2 2021 年不同月份不同砧木嫁接成活率 Fig. 2 Grafting survival rate on different rootstocks in different months of 2021

2.3 燕窝果在不同砧木长势

经过长期系统的观测发现，不同砧木对燕窝果生长势的影响差异显著。富贵红砧木对燕窝果生长的促进效果最佳，嫁接苗生长健壮、茎蔓粗壮、叶片厚实、色泽浓绿，发育进程较快，能够提前进入生殖生长阶段；无刺黄龙砧木的嫁接苗生长相对迟缓，茎蔓细弱、叶片较小且颜色较淡，并且容易受到病害侵袭，在生长过程中需要投入更多的管理成本用于病虫害防治；金都 1 号砧木的嫁接苗生长弱势，植株矮小，叶片发黄，结实能力较差，严重影响果实的产量与品质。

2.4 燕窝果在不同砧木生长果实性状

为了直观对燕窝果在不同砧木生长后果实成熟状况进行比较，本研究对燕窝果的单果质量、果皮质量、果肉质量、可溶性固形物、总糖等性状进行了精确测量，采用专业的测量工具与科学的检测方法，全面评估不同砧木对果实品质的影响，为筛选优质砧木提供详实的数据支撑，燕窝果在不同砧木生长果实性状及统计见图 3。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。 Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P<0.05$).

图 3 2021—2023 年不同砧木嫁接燕窝果果实性状 Fig. 3 Fruit traits of pitaya on different rootstocks from 2021 to 2023

由图 3 可知，2021—2023 年不同砧木嫁接燕窝果果实性状比较，富贵红砧木的单果质量最大（238.6 g），无刺黄龙次之（138.5 g），金都 1 号最低（105.5 g），不同砧木单果质量之间差异

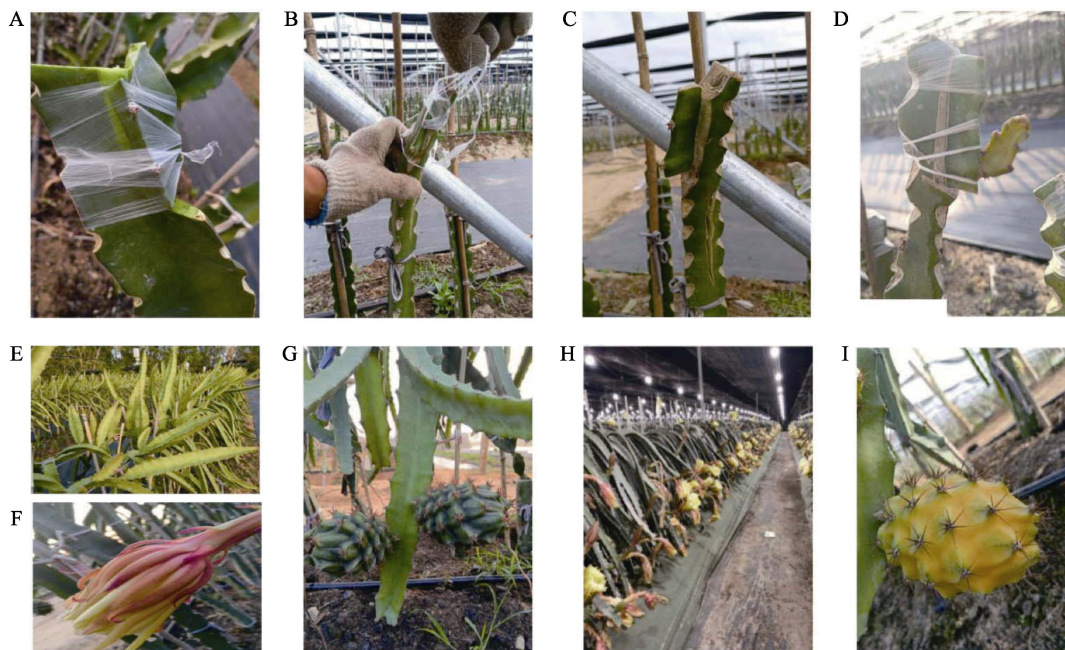
显著（图 3A）；无刺黄龙砧木的单果皮质量最高（25.9 g），富贵红次之（23.6 g），金都 1 号最低（22.1 g），不同砧木单果皮质量之间差异显著（图 3B）；富贵红砧木的果肉质量优势明显，平

均值为 214.9 g, 显著高于无刺黄龙和金都 1 号, 无刺黄龙和金都 1 号砧木果肉质量之间差异也较显著 (图 3C); 富贵红砧木的可溶性固形物含量最高, 2022 年平均含量为 25%, 2021—2023 年富贵红砧木的可溶性固形物含量均显著高于无刺黄龙和金都 1 号 ($P<0.05$), 后两者中无刺黄龙的可溶性固形物含量略高 (图 3D); 富贵红砧木的果实总糖度最高, 无刺黄龙次之, 金都 1 号最低, 2021—2023 年总糖度平均值分别为 23.7、11.1、4.1°Bx, 不同砧木总糖度之间差异显著 (图 3E)。

综上, 富贵红砧木在提升燕窝果果实品质上整体表现较为突出, 可为优质砧木筛选提供重要参考。

2.5 嫁接苗燕窝果的栽培管理技术

在实际试验过程中, 结合海南地区的土壤、气候等环境条件特点以及燕窝果的生长特性要求, 经过多次调整与实践, 得出以下“嫁接苗燕窝果的栽培管理技术”, 为燕窝果的嫁接繁殖育种和生产提供参考, 燕窝果各繁殖阶段见图 4。



A: 嫁接; B: 成活后取膜; C: 嫁接成活; D: 成活后长芽; E: 正常生长; F: 开花; G: 挂果; H: 花期补光; I: 果实成熟。
A: Grafting; B: Removing the film after successful grafting; C: Successful grafting; D: Sprouting after successful grafting;
E: Normal growth; F: Flowering; G: Fruit setting; H: Supplementary lighting during the flowering period; I: Fruit ripening.

图 4 燕窝果不同栽培时期

Fig. 4 Growth stages of pitaya

2.5.1 整地起垄 燕窝果根系浅且呈须根系结构, 对土壤透气性要求较高, 适宜生长在疏松透气的土壤环境, 以利于根系生长与养分吸收, 促进砧木生根。其对肥力需求虽不算严苛, 但肥沃且富含有机质的土壤有助于优化果实品质, 是生产优质有机果的重要前提。在燕窝果嫁接繁殖中, 首先要针对生产园区进行土壤改良并起垄种植。

(1) 土壤改良。本试验田前茬植物为菊花, 土壤质地为细沙质, 原有毛细管结构破坏, 表现为肥力下降、盐分增高的退化特征。种植前土壤检测显示, pH 为 7.2, EC 值为 5 mS/cm, 有机质含量为 21.77 g/kg, 全氮含量为 1.66 g/kg, 速效磷含量为 26.42 mg/kg, 速效钾含量为 136.48 mg/kg。

改良采用的羊粪肥有机质含量达 24%~27% (高于猪粪、牛粪), 氮、磷、钾含量分别为 0.7%~0.8%、0.45%~0.6%、0.3%~0.6%, 并富含钙、镁等中微量元素; 蚯蚓粪有机质与腐殖质风干基含量为 25%~38%, 腐殖质占比为 21%~40%, 含 16 种以上氨基酸及全氮 (0.95%~2.5%)、全磷 (1.1%~2.9%)、全钾 (0.96%~2.2%) 等养分, 兼具多种矿物质。

种植前全园撒施腐熟羊粪与蚯蚓粪 (比例为 5:2), 用量为每 667 m² 施肥总量 7 t, 随后进行适度旋耕深翻, 确保肥土混匀, 同时清除菊花残根及杂草, 平整土地以利种植与排水。改良后土壤 pH 降至 5.8, 有机质含量提升至 34.37 g/kg, 全氮含量为 3.8 g/kg, 速效磷含量为 59.43 mg/kg,

速效钾含量为 194.66 mg/kg, 各指标均满足燕窝果生长的土壤条件, 实现了土壤有机质提升、pH 优化及保水保肥能力增强的改良目标。

(2)起垄种植。采用南北行向起垄, 垄宽 1 m、高 25~30 cm, 行距 2 m, 沟深 30 cm。此高垄、宽行、浅沟模式优势显著, 一方面便于机械化作业管理, 如施肥、喷药、采摘等农事操作, 可有效提高生产效率; 另一方面, 有利于土壤通气性提升, 促进根系呼吸作用, 保证植株生长健壮, 同时便于排水, 避免雨季土壤过湿引发根部病害。

2.5.2 砧木处理 选取粗壮饱满、髓心未完全木质化且无病虫害的一年生火龙果老熟枝条作为砧木, 各品系 300 株, 长度约 50 cm。使用芽剪仔细去除刺座, 削去根部 3 cm 叶肉组织, 使白色维管束清晰露出, 并将根部削成三角口, 以增大与土壤的接触面积, 便于扦插时水分吸收与生根。用百菌清喷雾全面消毒后, 置于阴凉通风处阴干 3~5 d, 使伤口愈合, 防止病菌侵染, 确保砧木健康, 备用。

2.5.3 砧木定植 按 7 株/m 的株距定植 (300~500 株/667 m²)^[9]。先插竹竿固定, 保证砧木直立生长, 再将砧木紧贴竹竿插入土中 5 cm (插入过深易导致根部缺氧腐烂, 影响成活率)。插后用绳将砧木与竹竿牢固捆绑, 增强植株稳定性, 避免倒伏。扦插 15~20 d 可检查生根情况, 30~40 d 根系稳固, 达到嫁接标准。经前期实践, 海南地区 9 月初气候条件适宜, 为最佳定植时间, 此时温度、湿度等环境因素利于砧木生根与生长。

2.5.4 燕窝果嫁接 采用“两芽侧方平接法”。于扦插成活砧木上选取棱, 在顶部沿形成层纵向切平, 确保切面平滑整齐, 再横向切除两芽长度, 操作精准规范。取燕窝果两刺座, 紧密贴合砧木形成层, 保证接穗与砧木形成层充分接触, 利于养分运输与伤口愈合, 用嫁接带缠绕 2~3 圈保护伤口, 防止雨水侵入引发病害。嫁接植株套纸袋防护, 营造温湿度相对稳定的小环境, 促进嫁接部位愈合与接穗生长。操作过程中, 砧木与接穗各切两刀, 要求下刀迅速、准确、平整, 且接穗刺座芽口切勿接反, 确保嫁接成功率。海南地区 10 月上、中旬气候适宜, 为适宜芽接时间, 此时温度利于细胞分裂与组织愈合, 光照充足可保障嫁接苗光合作用正常进行。

2.5.5 搭支架 火龙果为蔓藤多肉植物, 枝条呈三棱形, 自身无法直立生长, 需支架辅助攀爬。

本试验选用“丰”字型镀锌管支架, 总高 2.4 m, 入土深度 0.6 m, 地面高 1.8 m。第一层距地距离 0.6 m, 第二层距第一层距离 0.4 m, 上端焊圆形铁片, 设 4 个环眼便于安装设备, 如滴灌管、防虫网等, 横柱末端留环眼用于拉钢丝, 增强支架稳定性与承载能力, 确保能够有效支撑火龙果枝条生长, 合理的支架结构有利于植株充分接受光照, 提高光合作用效率, 促进果实发育与品质提升。

2.5.6 田间管理 (1)土壤管理。砧木扦插成活后, 在土壤表面覆盖 10~30 mm 泥炭土, 泥炭土富含有机质, 可起到增肥作用, 同时抑制杂草生长, 减少杂草与燕窝果争夺养分、水分与光照。或在垄上种植白三叶、垄间覆盖黑色地布, 白三叶可通过固氮作用增加土壤肥力, 改善土壤微生物群落结构, 黑色地布能有效减少水土流失、优化果园小气候, 降低土壤温度波动, 保持土壤湿度稳定, 促进生态平衡, 为燕窝果生长创造良好的土壤生态环境^[10]。

(2)水肥管理。扦插后每 4~5 d 进行肥水滴灌 90 min, 滴灌管距植株 10 cm, 确保水分与养分缓慢、均匀地渗透至根系周围, 满足砧木早期生长对水分与养分的需求。根系增多后, 每 7 d 滴灌 1 次, 适当调整滴灌频率, 避免过度浇水导致土壤湿度过大引发病害, 同时保证植株生长后期养分供应稳定。嫁接成活后, 滴灌管移至距植株 20 cm, 滴灌量保持不变, 为嫁接苗生长提供适宜的水分与养分环境, 促进植株健壮生长^[11]。

(3)整形修剪。燕窝果主枝长超第二层支架 1 m 时需进行弯枝处理。将主枝贴近第二层支架, 轻捏软化弯曲部位后用绳捆绑于支架, 主枝顶端扎于第一层并剪去, 通过弯枝操作可有效控制植株生长势, 促进侧芽萌发, 增加结果枝数量。侧芽生长后, 保留 2 个健壮且方向适宜的芽, 其余去除, 保障营养集中供给, 促进果实生长与发育, 提高果实品质与产量。

(4)病虫害防治。燕窝果常见病害有烟煤病、根腐病、炭疽病、溃疡病等, 常见虫害有斜纹夜蛾、小菜蛾、介壳虫、蜗牛等^[12]这些病害严重影响植株生长、果实品质与产量。需加强监测, 定期巡查果园, 及时发现病害症状。综合运用农业防治、物理防治与化学防治手段, 如合理密植、保持果园通风透光、及时清除病株病叶、安装防虫网、必要时喷施针对性药剂等, 有效防控病虫害发生与蔓延, 确保燕窝果健康生长^[13]。

2.5.7 燕窝果催花期补光 燕窝果属于长日照植物, 弯枝后只要日照时数达到就会开花结果, 从开花到采收约需要 90 d^[4]。海南东方市进入 10 月就开始补光, 具体时数见表 1。

表 1 不同月份燕窝果催花期补光情况
Tab. 1 Light supplement of pitaya in different months

月份 Month	补光时间 Supplement light time	补光时长 Supplementary lighting hours/h
10—11 月	18: 00—22: 00	4
11—12 月	18: 00—23: 00	5
12 月至次年 1 月	17: 00—24: 00	7
1—2 月	18: 00—23: 00	5
2—3 月	18: 00—22: 00	4

3 讨论

燕窝果种植具有一定的生长周期规律, 通常种植 3 a 可达盛果期, 此时产量约 225 t/hm², 平均单果质量约 260 g。在海南东方市, 其采收期为 12 月至次年 5 月, 在 15~30 °C 的适宜采收温度范围, 果实能展现最佳的品质, 口感细腻、甜度适宜, 营养成分含量也处于理想状态。这为燕窝果的生产规划和市场供应提供了重要的时间参考, 种植者可依据此合理安排生产活动, 确保果实品质的稳定性, 满足市场需求。

本研究系统全面地比较多种火龙果砧木品种。前人研究多集中于少数几种砧木, 如红金宝、良丽 2 号^[7]等, 而本研究选取无刺黄龙、富贵红、金都 1 号 3 个火龙果品种进行系统观测和分析, 更全面地评估不同砧木的表现。其次, 综合考量多个关键指标, 不仅关注嫁接成活率, 还深入研究不同砧木对燕窝果生长势、果实性状等方面的影响, 为筛选出最适砧木提供更全面的依据。如在火龙果其他砧木选择的研究中^[4, 15], 前人多选用野生三角柱(霸王花)作为黄肉火龙果的砧木, 以获得较高的产量和品质。而本研究中, 富贵红砧木在保证较高产量的同时, 还在果实品质方面表现出色, 如可溶性固形物、总糖等含量较高, 果实口感更佳。前人研究表明, 火龙果嫁接时需注意选择合适的季节, 一般除冬季低温期外, 其他季节均可嫁接, 以 3—10 月为佳, 这样有利于伤口愈合和生长。本研究也遵循这一原则, 确保嫁接的成功率和植株的良好生长^[4]。

在其他园艺砧木选择的研究中, 有许多值得

借鉴之处。如 MENG 等^[16]通过分析不同施肥处理条件下, 嫁接在 5 种不同砧木上的甜樱桃萨米特果实品质和果实中非挥发性风味相关化合物的差异, 筛选出能促进甜樱桃果实部分可溶性糖、有机酸及酚酸积累的樱桃砧木, 为樱桃砧木的选择提供参考。在今后的研究中, 可以进一步探索不同施肥处理对燕窝果嫁接苗的影响。在苹果矮化砧木的选育与栽培技术研究中^[17-18], 涉及砧木的培育、繁殖、抗逆性研究以及对苹果树体生长结果的影响等方面, 为苹果产业的发展提供重要的理论和实践依据。因此, 可以借鉴其在砧木抗逆性方面的研究方法, 深入探究富贵红砧木对燕窝果抗逆性的影响。

本研究在燕窝果嫁接砧木筛选及栽培管理方面取得一定成果, 如在砧木与接穗的亲合和机制方面, 已确定富贵红为较优砧木, 但对于其深层次的生理生化亲和原理, 尚需深入探究, 这有助于进一步优化砧木选择和嫁接技术。栽培管理方面, 可针对不同土壤类型和气候条件下的燕窝果生长进行更广泛的试验, 以制定更具普适性的栽培方案。此外, 随着生物技术的发展, 可探索利用基因编辑等手段培育更适宜嫁接燕窝果的砧木品种, 为燕窝果产业的可持续发展提供新的技术支撑和发展动力。

针对本研究的不足点, 未来的研究可以从以下几个方面展开: 进一步拓展砧木的选择范围, 结合其他园艺作物砧木研究的先进经验和技能, 如分子标记辅助选择、基因编辑等, 以提高燕窝果砧木选育的效率和准确性; 深入研究已筛选出的富贵红砧木的特性, 包括其对燕窝果生长发育的调控机制、抗逆性的分子基础等; 针对不同地区的土壤和气候条件, 开展更广泛的试验, 优化栽培管理措施, 使本研究成果在更广泛的区域内得到应用和推广。

参考文献

- [1] 刘谦, 黄婧怡. “漂洋过海”: 外来热带水果落户海南[N]. 中国气象报, 2024-06-04(004).
LIU Q, HUANG J Y. “Crossing the oceans”: exotic tropical fruits settle in Hainan[N]. China Meteorological News, 2024-06-04(004). (in Chinese)
- [2] 苏明申, 叶正文, 张明昊, 王俏, 陈兵. 黄皮白肉火龙果燕窝果果肉香气物质分析[J]. 上海蔬菜, 2024(2): 82-84, 87.
SU M S, YE Z W, ZHANG M H, WANG Q, CHEN B.

- Analysis of aroma compounds in the pulp of the yellow-skinned and white-fleshed pitaya (*Selenicereus megalanthus*)[J]. Shanghai Vegetables, 2024(2): 82-84, 87. (in Chinese)
- [3] 甘良. 燕窝果营养特性及提质增效技术研究[D]. 海口: 海南大学, 2022.
GAN L. Study on the nutritional characteristics and techniques for improving quality and increasing efficiency of *Selenicereus megalanthus*[D]. Haikou: Hainan University, 2022. (in Chinese)
- [4] 邹敏, 周玉和, 陆水凤, 迟志广, 杨兴明. “燕窝果”的嫁接方法及配套育苗技术[J]. 热带农业科技, 2021, 44(4): 29-31.
ZOU M, ZHOU Y H, LU S F, CHI Z G, YANG X M. The grafting method and supporting seedling raising techniques of *Selenicereus megalanthus*[J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2021, 44(4): 29-31. (in Chinese)
- [5] 罗兵威. 火龙果种植技术现状及发展建议探究[J]. 南方农业, 2021, 15(30): 83-84.
LUO B W. Exploration of the current situation and development suggestions of pitaya (*Hylocereus undatus*) planting technology[J]. South China Agriculture, 2021, 15(30): 83-84. (in Chinese)
- [6] 林战帅. 少果悬铃木系列新品种营养繁殖的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
LIN Z S. Study on the vegetative propagation of new varieties in the series of platanus occidentalis with few fruits[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023. (in Chinese)
- [7] 鲁芯志. 新疆野苹果嫩枝扦插生根生理变化及外源激素调控技术研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
LU X Z. Study on the physiological changes of rooting of softwood cuttings of malus sieversii in Xinjiang and the regulation technology of exogenous hormones[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2022. (in Chinese)
- [8] 李名扬. 园林花卉学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2021.
LI M Y. Ornamental horticulture[M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2021. (in Chinese)
- [9] 黄陀昌群. 燕窝果栽培管理技术要点[J]. 农村新技术, 2023(3): 19-21.
HUANG T C Q. Key points of cultivation and management techniques of *Selenicereus megalanthus*[J]. New Rural Technology, 2023(3): 19-21. (in Chinese)
- [10] 唐美林. 火龙果高产栽培管理技术应用要点探析[J]. 种子科技, 2020, 38(23): 79-80.
TANG M L. Analysis of the key points of the application of high-yield cultivation and management techniques of pitaya (*Hylocereus undatus*)[J]. Seed Science & Technology, 2020, 38(23): 79-80. (in Chinese)
- [11] 魏开发, 陈清祺, 林建新. 福建省红肉种火龙果标准化栽培管理模式构建[J]. 农业研究与应用, 2018, 31(6): 39-44.
WEI K F, CHEN Q Q, LIN J X. Construction of the standardized cultivation and management model of red-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*) in Fujian province[J]. Agricultural Research and Application, 2018, 31(6): 39-44. (in Chinese)
- [12] 黄学纯, 陈洁明, 吴松浩, 陈文志, 陈少峰. 燕窝果在潮汕地区的引种表现及栽培技术[J]. 农业与技术, 2023, 43(21): 76-80.
HUANG X C, CHEN J M, WU S H, CHEN W Z, CHEN S F. Introduction performance and cultivation techniques of *Selenicereus megalanthus* in Chaoshan area[J]. Agriculture & Technology, 2023, 43(21): 76-80. (in Chinese)
- [13] 王会会. 火龙果两种病害的病原菌鉴定、生物学特性研究和室内药剂筛选[D]. 海口: 海南大学, 2016.
WANG H H. Pathogen identification, biological characteristics study and indoor pesticide screening of two diseases of pitaya (*Hylocereus undatus*)[D]. Haikou: Hainan University, 2016. (in Chinese)
- [14] 苏泽彬, 周秉超, 许雪峰, 韩振海, 邱昌朋. 激素不同配比及光质差异对苹果砧木木质化茎段扦插生根的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(11): 1-11.
SU Z B, ZHOU B C, XU X F, HAN Z H, QIU C P. Effects of different hormone ratios and light quality differences on the rooting of lignified stem segments of apple rootstocks by cuttings[J]. Journal of China Agricultural University, 2024, 29(11): 1-11. (in Chinese)
- [15] 马蔚红. 火龙果苗木繁育技术[J]. 农民科技培训, 2004(5): 29-30.
MA W H. Seedling propagation techniques of pitaya (*Hylocereus undatus*)[J]. Farmer Science and Technology Training, 2004(5): 29-30. (in Chinese)
- [16] MENG J, SHAOJUN W U, WANG X, XIANG Y U, JIANG R. Effects of different rootstocks on plant growth and fruit quality of watermelon[J]. Agricultural Biotechnology, 2019, 8(1): 68-72, 81.
- [17] 弓桂花, 杨廷桢, 王骞, 蔡华成, 李春燕, 王新平, 高敬东. 苹果矮化砧木 Y-1 选育及栽培技术要点[J]. 山西农业科学, 2015, 43(6): 664-667, 670.
GONG G H, YANG T Z, WANG Q, CAI H C, LI C Y, WANG X P, GAO J D. Breeding of the dwarfing apple rootstock Y-1 and key points of its cultivation techniques[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2015, 43(6): 664-667, 670. (in Chinese)
- [18] 何晓文, 王海波, 常源升, 何平, 王森, 李林光, 孙清荣. 苹果抗寒矮化砧木的选育及配套高效栽培技术研究与应用[Z/OL]. 泰安: 山东省果树研究所, (2021-11-21)[2023-04-30]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=i7m15>

r_oBqqbjc8O3GNK6O6OJviGabHa9EELxYcUdiwBinfEqY
OvApQLsw68M6WS8y3VGZaEfFtmUPAhAcjwCnx5IuW3
h-gIEBPND7UpjiuR7KjtK67_uNWbB5IPqFbwVn1vY29qB
f-8UA2E5rSI92kEKtC-32Z1vyYJE_mKcZ11mRbKQwFSV
w==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.

HE X W, WANG H B, CHANG Y S, HE P, WANG S, LI L
G, SUN Q R. Breeding of cold-resistant dwarfing apple root-
stocks and research and application of supporting high-effi-

ciency cultivation techniques[Z/OL]. Tai'an: Fruit Research
Institute of Shandong Province, (2021-11-21)[2023-04-30].
https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=i7m15r_oBqqbjc8O3GNK6O6OJviGabHa9EELxYcUdiwBinfEqYOvApQLsw68M6WS8y3VGZaEfFtmUPAhAcjwCnx5IuW3h-gIEBPND7UpjiuR7KjtK67_uNWbB5IPqFbwVn1vY29qBf-8UA2E5rSI92kEKtC-32Z1vyYJE_mKcZ11mRbKQwFSVw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (in Chinese)