北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

雌雄同株黄连木嫁接技术和嫁接树开花结实特性

吴群 苏淑钗 白倩 蒋晓辉 张煜 房硕 张明华

Grafting technology and flowering and fruiting characteristics of monoecious *Pistacia chinensis*

Wu Qun, Su Shuchai, Bai Qian, Jiang Xiaohui, Zhang Yu, Fang Shuo, Zhang Minghua

引用本文:
吴群, 苏淑钗, 白倩, 蒋晓辉, 张煜, 房硕, 张明华. 雌雄同株黄连木嫁接技术和嫁接树开花结实特性[J]. 北京林业大学学报, 2024, 46(8):87–93. doi: 10.12171/j.1000–1522.20230197
Wu Qun, Su Shuchai, Bai Qian, Jiang Xiaohui, Zhang Yu, Fang Shuo, Zhang Minghua. Grafting technology and flowering and fruiting characteristics of monoecious *Pistacia chinensis*[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(8):87–93. doi: 10.12171/j.1000–1522.20230197

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230197

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于24个表型性状的中国黄连木优良单株选择
Selection of superior individual *Pistacia chinensis* based on 24 phenotypic traits
北京林业大学学报, 2024, 46(2): 40–50. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220447

植物异源嫁接中转移mRNA序列与功能分析
Sequence and functional analysis of mobile mRNAs in the heterologous grafted plants
北京林业大学学报, 2022, 44(5): 8–18. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210085

雌雄异株植物簇毛槭繁殖代价延迟效应研究
Delayed effects of reproductive costs in dioecious species *Acer barbinerve*
北京林业大学学报, 2019, 41(8): 84–93. https://doi.org/10.13332/j.1000–1522.20180360

文冠果不同交配组合种实性状变异及综合评价
Variation and comprehensive evaluation of fruit and seed phenotypic traits of different mating combinations in *Xanthoceras sorbifolium*
北京林业大学学报, 2019, 41(1): 42–56. https://doi.org/10.13332/j.1000–1522.20180105

雌雄异株植物鼠李生殖分配与生殖耗费补偿机制
Reproductive allocation and compensation mechanism for reproductive costs of dioecious shrub *Rhamnus davurica*
北京林业大学学报, 2019, 41(11): 31–36. https://doi.org/10.13332/j.1000–1522.20180425

黄连花花期动态及其授粉特性研究
Flowering dynamics and pollination characteristics of *Lysimachia davurica*
北京林业大学学报, 2019, 41(6): 129–137. https://doi.org/10.13332/j.1000–1522.20180279

DOI:10.12171/j.1000−1522.20230197

雌雄同株黄连木嫁接技术和嫁接树开花结实特性

吴 群[1] 苏淑钗[1] 白 倩[1] 蒋晓辉[2] 张 煜[1] 房 硕[1] 张明华[1]
（1. 北京林业大学林学院，林木资源高效生产全国重点实验室，北京 100083；2. 河北省洪崖山国有林场，河北 保定 074200）

摘要:【目的】本研究旨在探究不同嫁接方法和不同接穗类型对黄连木嫁接成活率的影响，以及雌雄同株嫁接树的性别表现和结实特性。**【方法】**以自然散生 6 年生黄连木幼树和 2 年生黄连木实生幼苗为砧木，分别选取 8 株雌雄同株采穗母树和 25 份不同种源的黄连木枝条作为接穗，采用枝接和芽接进行嫁接，统计分析黄连木嫁接成活率、嫁接前后接穗的性别表现和嫁接树果实性状等指标。**【结果】**(1)嫁接方法和接穗材料的类型对黄连木嫁接成活率有显著影响，枝接平均嫁接成活率显著高于芽接；且浙江西湖接穗的平均嫁接成活率最高，显著高于河北邢台、云南观音山、山东泰山等 13 个种源，云南观音山接穗的平均嫁接成活率最低，显著低于其他种源；除 Pcb3-19、Pcb1-2 外，Pcb3-18 和 Pcb1-3 显著高于其他嫁接类型的平均嫁接成活率。(2)雌雄同株嫁接树当年生枝的性别类型与其嫁接前的接穗类型不完全相同，表明雌雄同株嫁接树性别存在不稳定性。(3)在单株水平上，雌雄同株嫁接树的果实性状优于雌雄同株实生树，雌雄同株嫁接树优株的雌花果实性状优于两性花果实。**【结论】**在单株水平上，雌雄同株嫁接树的雌花果实性状最优。嫁接时采用枝接，接穗选择雌雄同株的雌花枝，可提高雌雄同株黄连木的嫁接成活率和提升果实性状。本研究为快速繁育雌雄同株黄连木并提升其果实性状的嫁接技术提供了理论依据。

关键词：黄连木；雌雄同株；嫁接；果实性状；性别表现
中图分类号：S759.3　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1000−1522(2024)08−0087−07
引文格式：吴群，苏淑钗，白倩，等. 雌雄同株黄连木嫁接技术和嫁接树开花结实特性［J］. 北京林业大学学报，2024，46(8)：87−93. Wu Qun, Su Shuchai, Bai Qian, et al. Grafting technology and flowering and fruiting characteristics of monoecious *Pistacia chinensis*［J］. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(8): 87−93.

Grafting technology and flowering and fruiting characteristics of monoecious *Pistacia chinensis*

Wu Qun[1] Su Shuchai[1] Bai Qian[1] Jiang Xiaohui[2] Zhang Yu[1] Fang Shuo[1] Zhang Minghua[1]
(1. School of Forestry, Beijing Forestry University, State Key Laboratory of Efficient Production of Forest Resources, Beijing 100083, China;
2. Hongyashan State-Owned Forest Farm, Baoding 074200, Hebei, China)

Abstract:［**Objective**］This paper aims to investigate the effects of different grafting methods and different scion types on the grafting survival rate of *Pistacia chinensis*, as well as the sex performance and fruiting characteristics of monoecious grafted trees.［**Method**］We used naturally dispersed 6-year-old *P. chinensis* young trees and 2-year-old *P. chinensis* live seedlings as rootstocks, selected 8 monoecious scion-seed trees and 25 branches of *P. chinensis* from different seed sources as scions, and grafted them by branching and budding. We statistically analyzed the survival rate of *P. chinensis* grafting, the sex performance of scion before and after grafting, and the fruiting characteristics of grafted trees.［**Result**］(1) The grafting method and the type of scion material had a significant effect on the grafting survival rate of *P. chinensis*. The average survival rate of branch grafting was significantly higher than that of bud grafting. The average

收稿日期: 2023−08−08　**修回日期:** 2023−09−22
基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(BLX202104)，林草关键技术创新与示范项目(2310094)。
第一作者: 吴群。主要研究方向：经济林(果树)栽培与利用。Email：Wuq0133@bjfu.edu.cn　地址：100083 北京海淀区清华东路 35 号北京林业大学林学院。
责任作者: 苏淑钗，教授，博士生导师。主要研究方向：经济林(果树)栽培与利用。Email：sushuchai@sohu.com　地址：同上。白倩，博士，讲师。主要研究方向：经济林花果调控。Email：baiqian0219@bjfu.edu.cn　地址：同上。
本刊网址: http://j.bjfu.edu.cn；http://journal.bjfu.edu.cn

grafting survival rate of the scion from Xihu Lake in Zhejiang Province of eastern China was the highest, which was significantly higher than those of 13 seed sources such as Xingtai in Hebei Province of northern China, Guanyin Mountain in Yunnan Province of southwestern China, and Taishan Mountain in Shandong Province of eastern China, etc. That of the scion from Guanyin Mountain in Yunnan Province was the lowest, which was significantly lower than those of other seed sources. Except for Pcb3-19 and Pcb1-2, Pcb3-18 and Pcb1-3 were significantly higher than the average survival rate of other grafting types. (2) The sex types of current year's branches of monoecious grafted trees were not exactly the same as those of their scion types before grafting, indicating that the sex of monoecious grafted trees was unstable. (3) At the single-plant level, the fruit traits of monoecious grafted trees were better than those of monoecious live trees, and the fruit traits of female flowers in monoecious grafted trees were superior to those of hermaphrodite flowers. [**Conclusion**] At the single-plant level, the female flowers and fruits of the monoecious grafted trees have the best traits. The use of branch grafting and the selection of female flowering branches from monoecious plants can increase the survival rate of grafting and improve fruit traits of monoecious *P. chinensis*. The study provides a theoretical basis for the grafting technology of rapid breeding of monoecious *P. chinensis* and improvement of its fruit traits.

Key words: *Pistacia chinensis*; monoecism; grafts; fruit traits; sex performance

人类的生存面临着环境恶化与能源危机的严重挑战，结合植树造林发展生物质能源已成为国家的战略发展方向。黄连木(*Pistacia chinensis*)为漆树科(Anacardiaceae)黄连木属落叶乔木，是集绿化、用材、观赏、油料和药用为一体的高经济价值的木本油料树种[1]。黄连木在温带、亚热带和热带地区均能正常生长，分布区约占我国国土面积的 44%，其分布范围广、耐旱、抗病性强，具有涵养水源、调节生态平衡等作用。黄连木果实含油率达 30% ~ 40%，种仁含油率更是高达 50%[2]，种子油中不饱和脂肪酸含量高达 77. 81% ~ 83. 87%，且不饱和脂肪酸中的亚油酸和亚麻酸是人体必需脂肪酸，具有降血脂、软化血管、降低血压等作用，可作为工业或食用油原料，具有广阔的发展前景[3-4]。黄连木作为我国重要的油料树种，其优异种质保存、果实品质提高和产量提升是目前亟待解决的问题。

黄连木通常被认为是雌雄异株植物，自然分布的雌雄异株中，通常雄花优先于雌花开放，雌雄花花期的不同导致授粉成功率低，进而影响果实的性状及产量。在生产中，雌雄配比的调控消耗了大量的经济资源，若在保障产量的基础上免除雄株的配置，可降低人力、财力、物力的投入，同时大幅提高单株产量。本课题组在前期研究中发现了珍稀的雌雄同株种质[4]，为黄连木果实性状问题提供了新的解决方向。雌雄同株黄连木在同一株上存在性别和分布的异质性，即雌雄同株不同枝、雌雄同株同枝、雌雄同花序和雌雄同花等多个类型[5]，可用于研究雌雄同株性状的稳定性和开花结实特性。

目前，黄连木的繁育方法主要为实生繁殖、扦插繁殖、组织培养和嫁接繁殖。其中，黄连木种皮坚硬且外被蜡质，具有深休眠性，致使种子发芽率极低。扦插育苗的插穗极难生根[6]，马淑英等[7]、刘洋等[8]以黄连木茎段、叶片为外植体进行组织培养时，材料均出现严重的褐化问题，以黄连木实生苗的茎尖为外植体虽能解决上述问题，但受限于黄连木种子的发芽困难，难以用在生产实践中[7-9]。嫁接技术以操作简便、保留母体优良品质、提高繁殖系数等优势被广泛应用于良种保存与快速繁育[10]。目前，已有大量关于黄连木嫁接方法、嫁接时间以及砧木和接穗选取等方面的研究，采用优良母树及优树枝条进行嫁接繁殖是发展的必然趋势，同时也是黄连木优质丰产的需要[11]。但现有报道均为雌雄异株和同一种源的黄连木嫁接研究，雌雄同株和不同种源黄连木的相关研究还未见报道。本研究基于课题组前期对雌雄同株黄连木生物学特性的初步研究[4-5,12]，利用雌雄同株和不同种源的黄连木材料探究适合的嫁接繁殖方法，并调查嫁接树成活后的开花结实特性，有助于保持雌雄同株母本优良品种的遗传特性，有效提高其繁殖系数，并促进嫁接树提早结实、丰产，对雌雄同株黄连木的开发、利用与推广以及推动我国生物质能源产业发展具有重大的理论与实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

砧木材料为河北省洪崖山国有林场的 2 年生实生幼苗，河北唐县自然散生的 6 年生黄连木幼树。接穗材料为河北唐县、北京房山、北京石景山等全国不同种源的 25 份黄连木种质枝条，课题组前期筛选的 8 株生长健壮、丰产的雌雄同株优良种质的不同性别类型枝条[5](Pcb1、Pcb2、Pcb3、Pcb4、Pcb5、

Pcb6、Pcb7、Pcb8）。用于观察对比果实性状的是 3 株树龄均为 50 年以上、长势良好的雌雄同株实生树（Pcb1、Pcb9、Pcb10）。

接穗选择树冠外围阳光充足、生长健壮、芽体饱满、无病虫害的枝条，修剪接穗长度为 8 ~ 10 cm，每枝接穗上的接芽数保留 2 ~ 5 个，根据接穗上芽的饱满程度、形状等性状可将芽分为花芽、叶芽。花期对雌雄同株上的雌、雄、两性花的着生枝分别进行涂漆标记，接穗类型根据涂漆颜色和枝条形态记为雌枝（只有雌花着生的枝）、雄枝（只有雄花着生的枝）、两性花枝（只有两性花着生的枝）和发育枝（只有叶芽而无花芽的枝）。接穗“蜡封”保湿，延长嫁接时间[13]。

1.2　研究方法

1.2.1　不同嫁接方法下嫁接成活率的测定

以 2 年生实生幼苗为砧木，河北唐县、北京房山、北京石景山、北京植物研究所和安徽滁州 5 份不同种源的黄连木发育枝枝条作为接穗，分别采用芽接（2022 年 7 月）和枝接（2023 年 4 月）进行嫁接。采用随机区组设计，每种方法嫁接 30 株砧木，每 10 株为一个重复，重复 3 次，并进行标记。嫁接 15 d 后，统计不同嫁接方法下的嫁接苗成活率，以接穗呈饱满状态或芽点萌发作为嫁接成活的标准[14]，嫁接成活率为成活株数与嫁接总株数的比值。

1.2.2　不同接穗材料下嫁接成活率的测定

雌雄同株不同性别的接穗材料。2014 年 4 月，以河北唐县自然散生的 6 年生黄连木幼树为砧木，选取 8 株雌雄同株黄连木（Pcb1、Pcb2、Pcb3、Pcb4、Pcb5、Pcb6、Pcb7、Pcb8）的雌枝、雄枝、混合花枝及发育枝，共 23 种类型的枝条作为接穗（表 1），采用枝接法进行嫁接。每个类型嫁接 10 个接穗，重复 3 次。

雌雄异株不同种源的接穗材料。2023 年 4 月，以河北省洪崖山国有林场的 2 年生实生幼苗为砧木，河北唐县、北京房山、北京石景山等 25 份不同种源的黄连木发育枝枝条作为接穗，采用枝接法进行嫁接。

嫁接 15 d 后，统计嫁接树/苗的成活率，嫁接成活的标准和成活率的计算同上。

1.2.3　雌雄同株嫁接树与实生树枝性状调查

2016 年 4 月，调查上述雌雄同株嫁接树和 3 株雌雄同株实生树，分别统计当年生枝的枝类型（雌花枝、雄花枝、混合花枝）并编号，与嫁接前的接穗类型比较分析。

1.2.4　雌雄同株嫁接树与实生树果实性状调查

2016 年 10 月，调查并测定雌雄同株嫁接树和雌雄同株实生树 Pcb1、Pcb9、Pcb10 的果实性状。雌雄同株嫁接树果实分为雌花所结果实和两性花所结果实，共 2 种果实类型，每株每种类型果实随机测量 30 个果实的横纵径和单粒质量，不足 30 个则全部测量；雌雄同株实生树果实为 Pcb1、Pcb9、Pcb10 自然条件下雌花所结果实，分 3 个枝进行摘取，每个枝随机测量 30 个果实的横纵径和单粒质量。并计算单粒果实的体积和体积质量比。

果实横纵径包括横径、第一纵径、第二纵径，使用游标卡尺测量；果实单粒质量使用万分之一天平测量。果实形状为近球形，因此采用以下椭球体积公式计算果实体积。

$$V = \frac{4\pi abc}{3}$$

式中：V 为椭球体积，a、b、c 分别为横径半长、第一纵径半长、第二纵径半长。体积质量比是果实体积与单粒质量的比值，在果实体积一定的情况下，体积质量比数值越小，则单粒质量越大。

表 1　不同性别的接穗材料对嫁接成活率的影响

Tab. 1　Effects of different sexes of scion material on the survival rate of grafting

接穗编号 Scion No.	资源类型 Resource type	平均嫁接成活率 Average grafting survival rate/%
Pcb3-18	雌花枝 Pistillate branch	76.67 ± 1.62 a
Pcb1-3	雌花枝 Pistillate branch	73.33 ± 1.67 a
Pcb3-19	发育枝 Developed branch	63.33 ± 5.28 ab
Pcb1-2	雄花枝 Staminate branch	63.33 ± 11.90 ab
Pcb5-20	雌花枝 Pistillate branch	53.33 ± 3.33 bc
Pcb8-13	发育枝 Developed branch	53.33 ± 7.99 bc
Pcb5-21	发育枝 Developed branch	43.33 ± 0.47 c
Pcb2-5	雄花枝 Staminate branch	43.33 ± 7.29 c
Pcb1-1	两性花枝 Hermaphrodite flower branch	43.33 ± 7.21 c
Pcb4-23	发育枝 Developed branch	26.67 ± 1.67 d
Pcb4-22	雌花枝 Pistillate branch	23.33 ± 7.39 d
Pcb7-16	发育枝 Developed branch	23.33 ± 8.10 d
Pcb2-6	雌花枝 Pistillate branch	23.33 ± 10.83 d
Pcb6-9	雄花枝 Staminate branch	6.67 ± 5.95 e
Pcb6-8	雌花枝 Pistillate branch	6.67 ± 2.00 e
Pcb1-4	发育枝 Developed branch	6.67 ± 1.72 e
Pcb7-15	雄花枝 Staminate branch	3.33 ± 0.98 e
Pcb8-12	雄花枝 Staminate branch	3.33 ± 1.19 e
Pcb6-10	发育枝 Developed branch	3.33 ± 0.72 e
Pcb6-7	两性花枝 Hermaphrodite flower branch	3.33 ± 0.54 e
Pcb3-17	两性花枝Hermaphrodite flower branch	0.00 ± 0.00 e
Pcb7-14	两性花枝 Hermaphrodite flower branch	0.00 ± 0.00 e
Pcb8-11	两性花枝 Hermaphrodite flower branch	0.00 ± 0.00 e

注：同列不同小写字母表示不同性别类型的接穗材料对嫁接成活率的影响存在显著差异（$P < 0.05$）。Note: different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) in the effect of different sex types of scion material on grafting survival rate.

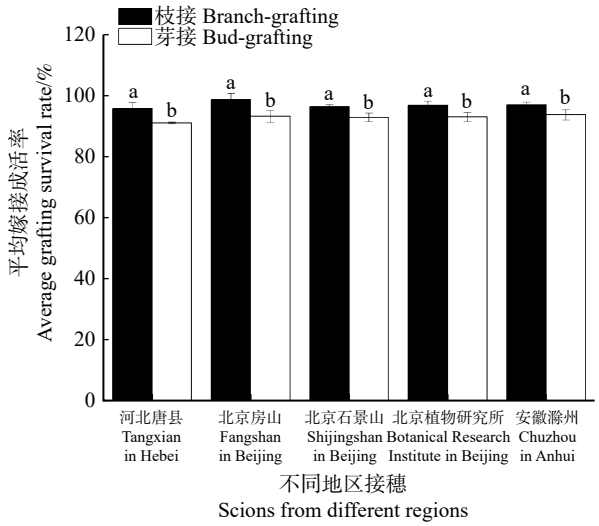
1.3 数据分析和处理

采用 Excel 2019 对各指标数据进行统计，SPSS 25.0 对不同嫁接方法和嫁接材料的成活率进行方差显著性分析，并在果实特性的研究中进行独立样本 *t* 检验，使用 Origin 2020 对各指标数据作图分析。

2 结果与分析

2.1 不同嫁接方法对嫁接成活率的影响

统计以河北唐县、北京房山、北京石景山、北京植物研究所和安徽滁州 5 份不同种源的黄连木枝条为接穗，采用枝接、芽接的方法嫁接到 2 年生黄连木实生幼苗砧木上的嫁接成活率，分析结果（图 1）表明：枝接、芽接对黄连木嫁接成活率的影响存在显著差异，且枝接对于 5 个不同地区黄连木的嫁接成活率均显著高于芽接。



不同小写字母表示同一地区不同嫁接方法对嫁接成活率的影响存在显著差异（$P < 0.05$）。Different lowercase letters indicate significant ($P < 0.05$) differences in grafting survival rates by varied grafting methods in the same region.

图 1 枝接、芽接对嫁接成活率的影响

Fig. 1 Effects of branch-grafting, bud-grafting on grafting survival rates

2.2 不同接穗材料对嫁接成活率的影响

2.2.1 雌雄同株不同性别接穗材料

选用 8 株雌雄同株黄连木不同性别的枝条作接穗，以河北唐县 6 年生黄连木幼树作砧木，采用枝接法嫁接。结果（表 1）表明：雌花枝 Pcb3-18 的平均嫁接成活率最高，为（76.67± 1.62）%，其次为雌花枝 Pcb1-3，平均嫁接成活率为（73.33± 1.67）%，以上两种嫁接类型除与 Pcb3-19、Pcb1-2 的差异不显著外，显著大于其他嫁接类型的平均嫁接成活率。

2.2.2 不同种源接穗材料

以 25 份不同种源的黄连木枝条作接穗，2 年生实生幼苗作砧木，采用枝接法进行嫁接。结果（表 2）表明：不同种源接穗的平均嫁接成活率范围为（82.11 ± 2.04）% ~（100.00 ± 0.00）%，其中浙江西湖的平均嫁接成活率最高，为 100.00%，与河北邢台、云南观音山、山东泰山、山东曲阜、河南林州、河南洛阳、湖北秭归、浙江普陀、广西雁山、四川资阳、贵州金沙、江西彭泽、江西星子的差异显著，与其他种源间差异不显著；云南观音山的平均嫁接成活率最低，为（82.11 ± 2.04）%，显著低于其他种源的平均嫁接成活率。

表 2 不同种源的接穗材料对嫁接成活率的影响

Tab. 2 Effects of different provenances of scion material on grafting survival rates

接穗编号 Scion No.	种源 Provenance	平均嫁接成活率 Average grafting survival rate/%
LGC1-67	河北唐县 Tangxian, Hebei	95.83 ± 2.03 abc
SH2-SJ2	河北邢台 Xingtai, Hebei	89.68 ± 3.74 f
GYS1-4	云南观音山 Guanyin Mountain, Yunnan	82.11 ± 2.04 g
YX1-5	山东泰山 Taishan Mountain, Shandong	90.80 ± 1.85 def
GL1-5	山东曲阜 Qufu, Shandong	94.30 ± 2.64 cd
MAS1-5	河南林州 Linzhou, Henan	90.03 ± 2.22 ef
SMF1-BWL5	河南嵩县 Songxian County, Henan	97.22 ± 2.41 abc
BWL1-5	河南洛阳 Luoyang, Henan	91.42 ± 0.44 def
WJC1-9	河南鹤山 Heshan Mountain, Henan	96.76 ± 2.89 abc
SY1-5	河南济源 Jiyuan, Henan	97.50 ± 2.21 abc
GZZ1-JWX1	湖北秭归 Zigui, Hubei	88.45 ± 0.83 f
MYD1-5	湖北宜昌 Yichang, Hubei	97.09 ± 2.52 abc
DQS1-BST3	浙江普陀 Putuo, Zhejiang	89.28 ± 0.72 f
ZWY1-TYL1	浙江西湖 Xihu Lake, Zhejiang	100.00 ± 0.00 a
DTC1-5	广西雁山 Yanshan Mountain, Guangxi	91.42 ± 0.44 def
HYS1-12	安徽滁州 Chuzhou, Anhui	97.15 ± 0.13 abc
SFS1-5	北京房山 Fangshan, Beijing	98.81 ± 2.06 ab
ZWSF1-ZWS16	北京植物研究所 Beijing Botanical Research Institute	96.97 ± 1.31 abc
BDC1-10	北京石景山 Shijingshan, Beijing	96.49 ± 0.59 abc
An1-陕29	陕西平利 Pingli, Shaanxi	95.99 ± 0.94 abc
SC1-5	四川资阳 Ziyang, Sichuan	94.19 ± 5.04 cd
XXS3-XJW3	贵州金沙 Jinsha, Guizhou	93.85 ± 1.96 cde
ZSW1-MXC1	江西彭泽 Pengze, Jiangxi	94.67 ± 1.06 bcd
ZJA1-GYQ4	江西星子 Xingzi, Jiangxi	94.88 ± 0.98 bcd
YBY1-WQ1	重庆渝北 Yubei, Chongqing	96.15 ± 3.85 abc

注：同列不同小写字母表示不同种源的接穗材料对嫁接成活率的影响存在显著差异（$P < 0.05$）。Notes: different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) in the effect of scion material from different seed sources on grafting survival rates.

2.3 嫁接树的性别表现

对雌雄同株上不同性别类型的枝条进行嫁接处理后，统计 14 株嫁接树的性别表现。结果（表 3）显示：在调查的 14 株嫁接树中，开花植株共 11 株，占调查的嫁接树总数的 78.57%；开花植株中，全部开雌花的嫁接树共 7 株，占开花植株总数的 63.64%；其余 4 株同时含雌花和两性花的嫁接树 2 株，同时含雌花、雄花和两性花的嫁接树 2 株。以上结果说明：

嫁接树当年生枝的性别类型与其嫁接前的接穗类型不完全相同，雌雄同株嫁接树性别存在不稳定性。

2.4　嫁接树的果实性状比较

2.4.1　雌雄同株嫁接树与雌雄同株实生树

比较雌雄同株嫁接树的雌花果实与相同自然条件下雌雄同株实生树的雌花果实发现：雌雄同株嫁接树雌花果实的平均第一纵径、平均第二纵径、平均体积、平均单粒质量分别为6.37 mm、5.61 mm、125.38 mm^3、0.11 g，均显著优于雌雄同株实生树的果实(表 4)。在果实体积一定的情况下，体积质量比数值越小，则单粒质量越大，雌雄同株嫁接树雌花果实平均体积质量比为 1 160.06 mm^3/g，显著小于雌雄同株实生树果实，即雌雄同株嫁接树的雌花果实单粒质量较大。综合以上参数，雌雄同株嫁接树雌花果实显著优于雌雄同株实生树果实。

2.4.2　雌雄同株嫁接树的雌花果实与两性花果实

在 8 株结果的雌雄同株嫁接树中，将各株、各类型果实分为雌花果实和两性花果实，其中雌花果实包括 a-3、b-1、b-3、c-1、c-2、c-5、c-6、d-11 号嫁接树的果实，两性花果实包括 b-3 号和 d-11 号嫁接树的果实。比较雌花与两性花果实的性状发现：调查的所有雌雄同株嫁接树果实中，雌花果实的平均横径为 6.73 mm，平均第一纵径为 6.33 mm，平均第二纵径为 5.59 mm，平均体积为 125.92 mm^3，平均单粒质量为 0.109 8 g，均显著优于两性花果实性状，且雌花果实单粒质量显著大于两性花果实(表 5)。综合以上参数，雌雄同株嫁接树的雌花果实显著优于两性花果实。

表 3　嫁接树接穗材料情况

Tab. 3　Scion material information of grafting trees

接穗材料母树编号 Female tree No. of scion material	接穗原资源类型 Original type of scion resource	嫁接树编号 Grafting tree No.	当年生枝类型 Current year's branch type
Pcb1-1	两性花枝 Hermaphrodite flower branch	a-3	纯雌花枝 Pure female flowering branch
Pcb1-2	雄花枝 Staminate flower branch	b-1	纯雌花枝，混合花枝 Pure female flowering branch, mixed flowering branch
		b-3	纯雌花枝，混合花枝 Pure female flowering branch, mixed flowering branch
		b-6	纯雌花枝，发育枝 Pure female flowering branch, developed branch
Pcb1-3	雌花枝 Pistillate flower branch	c-1	纯雌花枝 Pure female flowering branch
		c-2	纯雌花枝 Pure female flowering branch
		c-3	纯雌花枝 Pure female flowering branch
		c-4	发育枝 Developed branch
		c-5	纯雌花枝 Pure female flowering branch
		c-6	纯雌花枝，混合花枝 Pure female flowering branch, mixed flowering branch
		c-9	发育枝 Developed branch
		c-10	纯雌花枝 Pure female flowering branch
		c-11	发育枝 Developed branch
Pcb4-23	发育枝 Developed branch	d-11	纯雌花枝，混合花枝 Pure female flowering branch, mixed flowering branch

表 4　雌雄同株嫁接树与实生树雌花果实的果实性状比较

Tab. 4　Comparison of fruit characteristics between monoecious grafted trees and fruiting trees with female flowers

果实类型 Fruit type	平均横径 Average cross diameter/mm	平均第一纵径 Average first longitudinal diameter/mm	平均第二纵径 Average second longitudinal diameter/mm	平均体积 Average volume/mm^3	平均单粒质量 Average mass per kernel/g	平均体积质量比 Average volume-to-mass ratio/(mm^3·g^{-1})
嫁接树雌花果实 Pistillate fruit of grafted tree	6.64 ± 0.50 b	6.37 ± 0.52 a	5.61 ± 0.59 a	125.38 ± 25.49 a	0.11 ± 0.02 a	1 160.06 ± 176.82 a
实生树雌花果实 Pistillate fruits of live tree	6.70 ± 0.51 a	5.63 ± 0.48 b	4.89 ± 0.40 b	97.74 ± 18.92 b	0.08 ± 0.30 b	1 549.03 ± 969.62 b

注：同列不同小写字母表示雌雄同株的嫁接树与实生树的果实性状存在显著差异($P < 0.05$)。Note: different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) in fruiting traits between monoecious grafted and live trees.

表 5 雌雄同株嫁接树的雌花和两性花果实性状比较

Tab. 5 Comparison of fruit traits of female and bisexual flowers of monoecious grafted trees

果实类型 Fruit type	平均横径 Average cross diameter/mm	平均第一纵径 Average first longitudinal diameter/mm	平均第二纵径 Average second longitudinal diameter/mm	平均体积 Average volume/mm^3	平均单粒质量 Average mass per kernel/g	平均体积质量比 Average volume-to-mass ratio/(mm^3·g^{-1})
嫁接树雌花果实 Pistillate fruits of grafted tree	6.73 ± 0.50 a	6.33 ± 0.52 a	5.59 ± 0.59 a	125.92 ± 25.49 a	0.11 ± 0.02 a	1 156.74 ± 176.82 a
嫁接树两性花果实 Hermaphrodite fruits of grafted tree	5.77 ± 0.54 b	5.47 ± 0.91 b	4.69 ± 0.77 b	79.16 ± 26.31 b	0.06 ± 0.03 b	1 616.29 ± 839.95 b

注：同列不同小写字母表示雌雄同株嫁接树的雌花与两性花的果实性状存在显著差异（$P < 0.05$）。Note: different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) in fruiting traits between female and hermaphroditic flowers of monoecious grafted trees.

3 讨论与结论

不同嫁接方法和接穗材料类型均对嫁接成活率的影响存在显著差异。对 2 年生黄连木砧木进行枝接的嫁接成活率显著高于芽接，与张爱荣等[15]在黄连木中的研究结果一致。砧木的大小和嫁接时间均会影响嫁接成活率，本试验只针对春、夏季 2 年生黄连木砧木嫁接方法的研究。不同性别的接穗材料嫁接结果中，雌花枝的平均嫁接成活率相对较高，其中 Pcb3-18 和 Pcb1-3 的雌花枝的平均嫁接成活率除与 Pcb3-19、Pcb1-2 的差异不显著外，显著高于其他嫁接类型；黄连木不同性别的当年生枝条生长发育存在差异，Pcb3、Pcb1 的雌花枝韧皮部较厚，嫁接成活率高，而 Pcb6、Pcb7 和 Pcb8 的两性花枝韧皮部较薄，供给植株的营养较少，导致嫁接成活率较低。不同种源接穗的嫁接结果显示：云南观音山的平均嫁接成活率最低，为 82.11%，显著小于其他种源的平均嫁接成活率。砧木与接穗的亲和力对嫁接成活率有显著影响[16]，不同种源的接穗与砧木亲缘关系的远近不同，两者的亲和力强度也会不同，进而影响黄连木嫁接成活率。番茄（*Solanum lycopersicum*）[17]、柑橘（*Citrus reticulata*）[18]等相关研究均表明种内不同品种的接穗与砧木亲缘关系越近，嫁接成活率越高。在生产中，优先选择优株和亲缘关系近的种质作为接穗，并采用枝接法嫁接，可提高嫁接成活率，有利于良种壮苗培育。

雌雄同株嫁接树性别存在不稳定性，嫁接树的性别类型与它们的接穗不完全相同。试验发现，在相同的生存环境下，黄连木雌雄同株嫁接树雌花数量最多，比例最大，这表明雌雄同株嫁接树更易于雌花的生长。推测形成这种现象的原因是雌雄同株类型嫁接树的两性花不稳定，易分化为雌花，以至于该类型更多地向雌花方向发育。棕榈（*Trachycarpus fortunei*）的研究结果[19]表明其两性花可分化为单性花，雄花退化为雌花。后续可对黄连木雌雄同株的两性花分化机制进一步研究。

本研究发现，雌雄同株嫁接树果实性状优于雌雄同株实生树水平，雌雄同株嫁接树优株的雌花果实性状优于两性花果实。嫁接对果实性状影响显著，推测是砧穗互作加速了果实中光合产物的形成和积累，使前后果实性状差异显著[20]。除此之外，本试验中的嫁接树砧木较实生树树龄小，活力更强，供给植株的营养更多，因此果实横纵径和单粒质量明显大于自然条件下实生树果实。王翠香等[21]对枣树（*Ziziphus jujuba*）嫁接树果实的研究结果也表明砧木树龄较小时，果实性状也相对更好。与雌雄同株嫁接树雌花果实相比，两性花果实大小和单粒质量整体较差，且果实间差异较大，推测是两性花雌雄配子体均需要营养供给，在相同条件下，两性花营养供给不足以及分配不均导致了果实质量发育较差，差异较大，这与寿诚学等[22]对葫芦（*Lagenaria siceraria*）果实的研究结果一致。后续研究可进一步筛选出高产的优良雌雄同株种质，并结合栽培措施促进雌雄同株性状的提升。

综合本研究分析结果，在生产上采用枝接，接穗主要选择雌雄同株的雌花枝，适时适当地采取人工花果调控措施，增加雌花和雌花果实数量，可提高雌雄同株黄连木的嫁接成活率并提升果实性状，以更好地保护、利用黄连木这一雌雄同株珍稀资源。

参 考 文 献

[1] 刘启慎, 谭浩亮, 李建新. 中国黄连木生长规律的研究 [J]. 河南林业科技, 1999(2): 4−7.
Liu Q S, Tan H L, Li J X. Study on growth principle of *Pistacia chinesis* Bunge[J]. Henan Forestry Science and Technology, 1999(2): 4−7.

[2] 段劼, 陈婧, 马履一, 等. 木本油料树种中国黄连木研究进展 [J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(6): 171−177.
Duan J, Chen J, Ma L Y, et al. Research progress on woody-based oil species *Pistacia chinensis* Bunge[J]. Journal of China Agricultural University, 2012, 17(6): 171−177.

[3] 张洁, 胡文艺, 陈功锡, 等. 三种漆树科植物种子含油量及油脂成分分析 [J]. 湖南林业科技, 2015, 42(2): 4−9.
Zhang J, Hu W Y, Chen G X, et al. Fat contents and fatty acid composition in the seeds of three species of Anacardiaceae[J]. Hunan Forestry Science and Technology, 2015, 42(2): 4−9.

[4] 王文浩. 中国黄连木雌雄同株资源的发现及生物特性研究 [D].

北京: 北京林业大学, 2014.
Wang W H. Discovery of monoecious resources in *Pistacia chinensis* Bunge and study on biological traits of dioecious *P. chinensis* Bunge [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2014.
[5] 白倩. 中国黄连木性别表现分子机制的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
Bai Q. Study on molecular mechanism of sex expression of *Pistacia chinensis* Bunge [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2019.
[6] 钟琳珊, 刘细燕, 王楚天, 等. 中国黄连木繁育技术的研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2016, 44(5): 112−116.
Zhong L S, Liu X Y, Wang C T, et al. Research progress of *Pistacia chinensis* breeding technology[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2016, 44(5): 112−116.
[7] 马淑英, 吴振和, 孙竹, 等. 黄连木茎和叶的解剖学研究 [J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21(1): 56−58.
Ma S Y, Wu Z H, Sun Z, et al. Anatomical study on the stem and the leaf of *Pistacia chinensis*[J]. Journal of Agricultural University, 1999, 21(1): 56−58.
[8] 刘洋. 阿月浑子和黄连木外植体启动培养研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
Liu Y. Studies on primary culture of *Pistacia vera* L. and *P. chinensis* Bge. [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2005.
[9] 程世平. 黄连木子叶节组培快繁及性别鉴定研究 [D]. 洛阳: 河南科技大学, 2011.
Cheng S P. Tissue culture and rapid propagation of cotyledonary nodes and sex identification of *Pistacia chinensis* Bunge [D]. Luoyang: Henan University of Science and Technology, 2011.
[10] Thanassoulopoulos C, Roupakias D, Bletsos F. Effect of grafting on growth, yield, and verticillium wilt of eggplant[J]. HortScience, 2003, 38(2): 183−186.
[11] 闫艳, 崔文艺, 杨贺, 等. 豫南黄连木生长及苗期扩繁技术研究 [J]. 园艺与种苗, 2014(5): 35−37.
Yan Y, Cui W Y, Yang H, et al. Study on growth and seeding propagation technology of *Pistacia chinensis* Bunge in south Henan[J]. Horticuluture and Seed, 2014(5): 35−37.
[12] 阮福娜, 白倩, 陈一帆, 等. 不同性别类型黄连木的花序类型与分布及亲缘关系 [J]. 东北林业大学学报, 2020, 48(4): 1−7.
Ruan F N, Bai Q, Chen Y F, et al. Resources survey and genetic relationships between different gender types of *Pistacia chinensis* Bunge[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2020, 48(4): 1−7.
[13] 王成玉. 果树接穗的选取及蜡封技术 [J]. 山西果树, 2017, 178(4): 59.
Wang C Y. Selection of fruit tree scion and wax sealing technology[J]. Shanxi Fruits, 2017, 178(4): 59.
[14] 何长敏, 何畅, 孟宪敏, 等. 不同嫁接方法、时期对黄连木嫁接成活率的影响 [J]. 河南科技学院学报 (自然科学版), 2012, 40(4): 15−17.
He C M, He C, Meng X M, et al. Effect of different grafting methods on the surviving rate of grafting of *Pistacia chinensis* Bunge[J]. Journal of Henan Science and Technology College (Science and Technology), 2012, 40(4): 15−17.
[15] 张爱荣, 申南南, 王志刚, 等. 不同嫁接方法对黄连木嫁接成活及生长的影响 [J]. 经济林研究, 2010, 28(4): 112−114.
Zhang A R, Shen N N, Wang Z G, et al. Effects of different grafting methods on survival and growth of *Pistacia chinensis* Bunge[J]. Economic Forest Research, 2010, 28(4): 112−114.
[16] 王建义, 贺奇, 武静, 等. 美国核桃砧木嫁接亲和力研究初报 [J]. 山西林业科技, 2013, 42(1): 40−41.
Wang J Y, He Q, Wu J, et al. Preliminary study on grafting affinity of *J. hindsii* and paradox rootstock[J]. Forest Science Technology Shanxi, 2013, 42(1): 40−41.
[17] Saman P, Kawicha P, Sangdee A, et al. Grafting compatibility, scion growth, and fusarium wilt disease incidence of intraspecific grafted tomato[J]. Journal of Horticultural Research, 2022, 30(2): 95−104.
[18] Wang T, Deng L J, Huang S J, et al. Genetic relationship, SPAD reading, and soluble sugar content as indices for evaluating the graft compatibility of citrus interstocks[J]. Biology, 2022, 11(11): 1639.
[19] 刘堡森, 毛跃雄, 王秀荣, 等. 棕榈花发育形态和解剖结构 [J]. 植物生理学报, 2023, 59(3): 569−578.
Liu B S, Mao Y X, Wang X R, et al. Morphological and anatomical structure of Chinese windmill palm (*Trachycarpus fortunei*) flowers during development[J]. Plant Physiology Journal, 2023, 59(3): 569−578.
[20] 任平, 常青, 付博, 等. 砧穗互作对越冬番茄光合作用及生长与产量的影响 [J]. 植物生理学报, 2019, 55(9): 1325−1334.
Ren P, Chang Q, Fu B, et al. Effects of rootstock-scion interaction on tomato photosynthesis, growth and yield[J]. Plant Physiology Journal, 2019, 55(9): 1325−1334.
[21] 王翠香, 刘丙花, 韦岩海, 等. 高接改优对不同树龄枣树嫁接成活率与生长量的影响 [J]. 山东农业科学, 2017, 49(8): 41−44.
Wang C X, Liu B H, Wei Y H, et al. Effects of top grafting on survival rate and growth of *Ziziphus jujuba* Mill. with different ages[J]. Shandong Agricultural Science, 2017, 49(8): 41−44.
[22] 寿诚学, 李曙轩, 赵荣琛. 葫蘆果实的发育及其与种子冷冻处理的关系 [J]. 浙江农学院学报, 1957(1): 43−53.
Shou C X, Li S X, Zhao R C. Development of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. fruits and its relation to seed freezing treatment[J]. Journal of Zhejiang University of Agriculture, 1957(1): 43−53.

（责任编辑　吴　娟　赵田芸
责任编委　孟　平）