

# Research Progress on Cutting Breeding Technology of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge

Lei Wang<sup>1</sup>, Dan Wu<sup>1</sup>, Xiaoman Xie<sup>1</sup>, Zhen Wang<sup>2</sup>, Yongjun Zhao<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Shandong Forest Germplasm Resources Center, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Shandong Linyuhong Wenguang CO., LTD., Zibo Shandong

Email: \*13305317857@163.com

Received: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2020; accepted: Mar. 4<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 11<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Cuttings are an important method of asexual reproduction of *Xanthoceras sylvestris*. The main influencing factors of rooting rate of *Xanthoceras sylvestris* currently researched are the types of cuttings, substrate type, cutting season, length and thickness of cuttings, age of mother tree, pre-treatment mode, hormone species concentration and soaking time. Affected by different factors such as region, control conditions and types of germplasm resources, the cutting rooting rates are different. This paper reviews some problems in the cuttings of *Xanthoceras sylvestris* and puts forward some suggestions, which can provide references for the next step of research and technology promotion of *Xanthoceras sylvestris*.

## Keywords

*Xanthoceras sorbifolium* Bunge, Cuttings, Rooting Rate, Asexual Reproduction, Research Progress

# 文冠果扦插繁育技术研究进展

王磊<sup>1</sup>, 吴丹<sup>1</sup>, 解孝满<sup>1</sup>, 王震<sup>2</sup>, 赵永军<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>山东省林木种质资源中心, 山东 济南

<sup>2</sup>山东林昱宏文冠果有限公司, 山东 淄博

Email: \*13305317857@163.com

收稿日期: 2020年2月3日; 录用日期: 2020年3月4日; 发布日期: 2020年3月11日

\*通讯作者。

## 摘要

扦插繁育是文冠果无性繁殖的重要手段,目前已开展的文冠果扦插影响因素有扦插材料类型、基质类型、扦插季节、扦插材料长度及粗度、母树树龄、扦插材料预处理方式、激素种类浓度和浸泡时间。受地域、控制条件、种质资源类型等因素不同影响,扦插生根率不尽相同。对文冠果扦插中的一些问题进行了梳理,并提出建议,为下一步文冠果扦插研究和技术推广提供参考。

## 关键词

文冠果, 扦插, 生根率, 无性繁殖, 研究进展

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

文冠果(*Xanthoceras sorbifolium* Bunge), 无患子科(*Sapindaceae* Juss.)文冠果属(*Xanthoceras* Bunge)落叶灌木或小乔木。我国新疆、青海、西藏、宁夏、甘肃、陕西、山西、河北、辽宁、内蒙古、河南、山东、江苏北部、安徽北部等省区有广泛分布,是我国特有的优良木本油料树种,近年来已大量栽培。文冠果耐干旱、贫瘠,抗风沙,在石质山地、黄土丘陵、石灰性冲积土壤、固定或半固定的沙区均能成长,种子含油量为45%~50%,种仁含油量最高达70% [1]。油黄色而透明,食用味美,具药用功效,油饼可作饲料和肥料。文冠果株形优美,花、叶俱佳,花序大、花朵密,花期可持续20多天,具有较高观赏价值,是优良的绿化树种,生产规模越来越大。扦插作为无性繁殖的重要手段,可保持品种优良性状,且开花早、生长快、繁殖量大,与其他无性繁殖方式相比,具有效率高、成本更低、便于推广等优点。本文将对文冠果扦插相关的技术进行梳理,以便指导生产。

## 2. 扦插材料对扦插的影响

### 2.1. 扦插材料类型对扦插的影响

从目前的报道来看,文冠果扦插所采用的扦插材料类型为根段、硬枝和嫩枝3种。扦插研究报道最早可见于1978年,中国林科院林业所采用气培法对文冠果扦插生根进行研究[2]。受地域、种质类型等因素差异的影响,3种扦插材料对生根率的影响略有差别。其中根段的扦插生根率最高,如王艺林[3]、莫保儒[4]等报道文冠果根段扦插比硬枝扦插和嫩枝扦插效果好。而硬枝和嫩枝扦插的生根率则不尽相同。赵国锦等2006年在山东滨州对不同材料类型的扦插研究发现,嫩枝扦插的生根率略高于硬枝扦插[5]。宋群雁2013在黑龙江大庆不同季节的扦插研究中根段、嫩枝、硬枝的扦插生根率依次差异显著,嫩枝扦插生根率好于硬枝扦插[6]。对文献中所获得的不同类型的扦插材料扦插生根率的最大值分析(从宏观上,暂不考虑时间、地域以及种质类型的差异来分析),根段扦插生根率最高,较硬枝、嫩枝差异极显著,生根率最大值为95.3% [7],平均为84.61%。硬枝与嫩枝相比,差异不显著,生根率次之,最大值为93.3% [8],平均约为58.60%。嫩枝扦插生根率最低,最大值为94.9% [9],平均约为56.42%。具体分析见表1、表2,数据来源见表3。

**Table 1.** Variance analysis of cutting material rooting rate**表 1.** 扦插材料类型对生根率方差分析

组 Group	观测数 Observations	求和 Summary	平均 Average	方差 Variance
根段	16	1353.75	84.61	50.41
嫩枝	12	677.05	56.42	371.86
硬质	18	1054.72	58.60	585.27

**Table 2.** Significance of cutting material types on rooting rate**表 2.** 扦插材料类型对生根率显著性

差异源 Source of difference	df	MS	F	P-value	F crit
组间	2	3787.81	11.01	0.000138	3.21
组内	43	344.10			
总计	45				

**Table 3.** Statistics of *Xanthoceras sorbifolium* cuttings**表 3.** 文冠果扦插数据统计

序号 Num-ber	年份 Year	地区 Plot	时间(月/日) Time (M/D)	激素 Hormone	激素浓度 (mg·L <sup>-1</sup> ) Concentration	处理时间 (h)Processing time	材料长度 (cm)Length	材料类型 Types	基质 Substance	生根率 (%)Root- ing rate	备注 Note
1 [2]	1978	北京	9/1	IBA	250	泥剂速浸	15~20	硬枝	气培	50	
2 [23]	1980	山西蒲县	4/23	IBA	150	6	18~20	硬枝	砂和土 45 cm	60.9	
3 [48]			9/29	IBA	50	24	15~20	硬枝	上 10~15 cm 蛭石, 中 5~6 cm 细沙, 下~6 cm 小卵石	56.7	
4 [8]	1982	河南陕县	2/20	IAA	200	16	12~15	硬枝	细河沙 25cm	93.3	0.6cm~1.0cm 粗
				IBA		16			锯末 土		
	2003		9/16	NAA+ABT	500+100	15(s)	20	硬枝	土沙分层	35	素沙覆盖至扦插材料高度的 1/2~1/3
5 [11]		山东济宁	6/5	IBA	100	15(s)	10	嫩枝	沙、蛭石、珍珠岩	29	
			10/16	NAA, IBA, ABT	500	15(s)	10	根	土沙分层	92	素沙全部覆盖
6 [15]	2005	青海玛可河	4/1	ABT6			13~15	嫩枝	腐殖质: 珍珠岩: 蛭石 7:3:1	94.9	
	2004		9/25	ABT	250		10	硬枝	上沙 5cm, 下土 5cm	38	扦插深度为扦插材料长度的 1/2~2/3
7 [5] [49]		山东滨州	5/25				10	嫩枝	泥炭土和蛭石	47	
			10/15	ABT	250	30(s)	10	根		94	
8 [22]	2010	陕西神木县	4/21	NAA	150	5~8(s)	10	根	牛粪/土 1:2	70	
9 [12]	2010		3月中旬	ABT1	400	2		硬枝		88.6	

## Continued

10 [50]	2010	陕西杨凌	10月上旬	IBA	600	4	12~15	硬枝	河砂	66.11	
	2000		10/25	ABT1	150		6	硬枝		34	
			10/25				6	嫩枝		44	
11 [51]		黑龙江大庆	5/20				6	根		88	
							6	根		87.6	母株树龄 1a
									草炭/蛭石/珍珠岩/沙子 4:2:2:1	89.1	
12 [20]	2013	甘肃定西	8/22	IAA	100	1	13~15	根	蛭石/沙/腐殖质 6:2:1	80	
				NAA	100	6	13~15	根	蛭石/沙/腐殖质 6:2:1	80	
			4月上旬	IBA	100			硬枝		38.89	
13 [4]		甘肃定西	8月中旬	ABT6	100			嫩枝		58.57	
			8月中旬	NAA	100			根		80.1	
			6/10	ABT2	250	1(min)	8	嫩枝		51.08	带 2 个半叶片
14 [3]	2014	甘肃张掖		ABT2	250	1 (min)	12	硬枝		37.42	扦插深度 4cm~6cm
				ABT2	250	1 (min)	12	根		94.24	用沙完全覆盖
15 [52]		辽宁建平县		ABT2	125	6		硬枝		90	
16 [21]	2016	辽宁喀左县	4/1	IBA+NAA(1:1)	125	6	10~15	硬枝	河沙	90.67	
			春季	NAA	100	4		根	草炭/蛭石/珍珠岩 1:1:1	80.1	
17 [13]							8	根		82.3	
			夏季	ABT6	100	2	10	嫩枝		58.57	
18 [16]	2016	延边大学	6月	IBA	1000	1 (min)	10~15	嫩枝		87.4	基部黄化
				ABT			6	硬枝		34	
							6	嫩枝		39	
19 [10]		辽宁阜新					6	根		78	
								根		88.9	母树树龄 1
20 [7]				NAA 或 ABT	250			根		95.3	
		山东莱芜						硬枝	蛭石	31.2	
								嫩枝		42.7	
21 [13]				AB6				根		80.24	
				ABT6				嫩枝		57.23	
							8	根		82.97	
22 [29]	2018	山西阳曲县	6月中下旬	IBA	200	2	12~15	嫩枝		67.6	扦插深度为 2/3
			春季	IBA	200	4				82.5	
23 [17]	2018	山西农业大学 林学院	4月					硬枝	草炭/珍珠岩 7:3	38.33 ± 10.41	地窖沙藏越冬

注: 1. 排序按发表(试验)年份。  
2. 信息空白处原文献未描述。

## 2.2. 扦插材料粗度、长度对扦插的影响

不同扦插材料长度、粗度对扦插结果影响的研究中,董云岚等对不同扦插材料粗度(0.4 cm, 0.6 cm, 0.8 cm)进行比较,发现粗度与愈合、生根量成正比例关系[8]。宋群雁[6]、邢合龙[10]采用 3 cm、6 cm、9 cm 扦插材料,对比分析发现 6 cm 最佳。程再在山东济宁采用不同长度的根段扦插,10 cm 扦插材料要稍好于 5 cm、15 cm 扦插材料[11]。孙丙寅 2010 年在陕西杨凌进行硬枝扦插试验发现,长度为 10 cm 的扦插材料生根率显著高于 5 cm 和 15 cm ( $p < 0.05$ )的扦插材料,10 cm 和 15 cm 长的扦插材料生根率差异不显著,直径 0.5cm~0.8cm 的生根率显著高于 0.2~0.5 cm [12]。莫保儒等对根段长度的分析显示,9 cm 扦插材料的生根率显著高于 6 cm、12 cm 处理,为 64.9% [4]。王均喜在辽宁恒仁县对不同长度根段生根数量、根系长度的影响分析指出,8 cm 扦插效果好于 5 cm、11 cm [13]。王慧琳在辽宁阜新通过不同长度根段对生根数、根长的研究显示,根段长度为设定 3 cm、6 cm、9cm 时,6 cm 根段生根率最高,为 90.5%,且平均生根数、平均根长均高于对照[14]。

## 2.3. 母树树龄对扦插的影响

宋群雁选用不同树龄的文冠果进行根段扦插试验,对根段扦插的苗高、地径、平均生根数、平均生根率进行统计显示,1 龄母树与 2 龄、3 龄、5 龄、20 龄母树平均生根率差异显著[6]。马明呈等采用 1~3 年生不同母树年龄的扦插材料扦插发现,随母树年龄的增大,扦插生根率和苗生长量下降,根数减少,地径减小[15]。王慧琳[14]、邢合龙[10]的试验结果显示,1、2、3 龄母树对扦插后平均根数和生根率之间无显著性差异,而显著高于 10 龄、20 龄母树的平均根数和生根率。

## 3. 预处理及激素处理对扦插的影响

### 3.1. 预处理对扦插的影响

金香花在延边大学对文冠果嫩枝进行黄化处理,发现与完全黄化处理、不黄化处理相比,对扦插材料进行基部黄化处理会显著提高扦插生根率[16]。李响等设置自然越冬、地窖沙藏越冬、冰箱低温储藏 3 种扦插材料预处理方式,发现不同预处理方式的平均生根率差异显著,地窖沙藏越冬扦插材料的平均生根率显著高于其他方式,生根率为 38.33% [17]。

### 3.2. 不同激素及处理时间对扦插的影响

文冠果扦插的报道文献中比较发现,采用的激素有生根粉 ABT1 号、ABT2 号、ABT3 号、ABT4 号、ABT6 号、吲哚乙酸(IAA)、吲哚丁酸(IBA)、萘乙酸(NAA)以及各种激素复配等。对硬枝扦插、嫩枝扦插而言,都能不同程度的提高其扦插生根率,但各扦插成活情况差异较大。董云岚等 1982 年报道在河南陕县以 IAA200 mg·L<sup>-1</sup>,处理 10~12 h,或用 IBA100 mg·L<sup>-1</sup>浸 10 h,扦插生根率为 93.3%。马明呈等在青海温室内硬枝扦插采用 ABT6 号处理获得 94.9%生根率[15]。宗建伟等在陕西杨凌的试验发现,相比 IAA、ABT1 号,IBA 对文冠果扦插材料生根的效果表现最好[18],且 IBA600 mg·L<sup>-1</sup>和 800 mg·L<sup>-1</sup>,生根率要明显高于 IBA1000 和 1200 mg·L<sup>-1</sup>的生根率。随着 IBA 处理浓度的升高,总根长、总根表面积和总根体积均呈现先升高后降低趋势,且在 800 mg·L<sup>-1</sup>处理下,总根长和总根表面积达到最大[19]。焦强等在甘肃定西的试验发现,100 mg·L<sup>-1</sup> IAA 和 100 mg·L<sup>-1</sup> NAA 的根段生根率均较高[20]。王艺林等在甘肃张掖对文冠果不同类型材料进行扦插对比试验,扦插繁殖试验中,以 ABT2 号 250 mg·L<sup>-1</sup>进行嫩枝、硬枝扦插生根效果最好,平均生根率分别为 48.96%、35.00%,相同系统浓度时,根段扦插平均生根率分别比嫩枝、硬枝扦插高出 43.90%和 57.86% [3]。汤鑫等在辽宁喀左县的研究提出激素 IBA+NAA (1:1)、激素浓度 125 mg·L<sup>-1</sup>,扦插材料根部处理时间为 6 h,文冠果扦插生根率达 90.67% [21]。

## 4. 不同基质对扦插的影响

基质是影响扦插生根率的重要因素。董云岚等在温室内对文冠果扦插基质进行摸索,提出直接在土壤内进行,沙土、壤土略有差别,掌握好地温、土壤湿度,也可以在室外进行[8]。吴红雪对 16 个省市 24 个种源的文冠果根段进行不同基质类型的扦插试验,采用配方 1 弃耕农田表土、配方 2 羊粪/表土(1:2)、配方 3 牛粪/表土(1:2)及配方 4 腐殖酸/表土(1:2),对比分析各因素对文冠果根段扦插出苗率影响发现,所选的基质类型中的最佳基质可能是配方 3 [22]。李响等在山西农业大学设置 5 种基质配方,配方 1 粗砂/草炭/珍珠岩(1:7:2)、配方 2 粗砂/草炭/珍珠岩(5:3:2)、配方 3 粗砂/草炭(5:5)、配方 4 草炭/珍珠岩(7:3)、配方 5 粗砂,指出不同基质配方对扦插生根率的影响显著,生根率由高到低依次为配方 4 > 配方 1 > 配方 3 > 配方 2 > 配方 5,配方 4 的生根率最高,为 36.67% [17]。其他报道中虽涉及各种基质及配比,见表 3,但报道相对较少,且未对各种基质类型进行对比分析。

## 5. 季节对扦插的影响

扦插季节对扦插材料的生根率影响较为明显。目前扦插所采用的月份跨度差异相对较大,从 2 月中旬到 10 月下旬均有报道,扦插月份分布见图 1, 其有相当一部分扦插试验是在温室内进行。其中封志强等报道,在山西蒲县林场进行了文冠果硬枝扦插试验,提出除激素处理外,影响生根的一个重要因素是基质温度[23]。董云岚等认为文冠果扦插适于早春进行,控制地温高于气温,地温越高(不超过 37℃)愈伤越快[8]。在川藏杨、猕猴桃、樟子松等也有类似的报道,主要是地温对扦插材料愈伤组织的形成有直接关系[24] [25] [26] [27]。程冉根据试验数据,推荐的根段扦插时间为 10 月 16 日(9 月 16 日, 10 月 1 日, 10 月 16 日) [11]。马明呈等指出温室扦插控制温度不超过 25℃,总体要比大田扦插效果好[15]。宋群雁在黑龙江大庆进行的根段扦插试验表明 5 月 20 日扦插比 10 月 20 日扦插生根率更高[6]。赵国锦在山东滨州研究发现根段最佳扦插时间是冬末(生根率达 82.9%),秋季扦插效果最差[5]。康国生等研究发现文冠果在青海适宜扦插的季节主要集中在 7、8、9 三个月份[9]。唐桂辉等提出,在辽宁朝阳春梢在 6 月下旬停止生长,采用全光雾嫩枝扦插 6 月初扦插生根率较高[28]。王丽敏提出在山西太原分别于 2018 年 6 月 18 日、2018 年 11 月 8 日、2019 年 12 月 20 日、2019 年 2 月 11 日,均以 200mg·L<sup>-1</sup> 的 IBA 处理扦插材料 4 h,其结果显示春季(2 月份)扦插生根率最高,可达 82.5% [29]。从目前的文献报道来看,文冠果自然分布广阔,各地区对于扦插月份的选择,应根据不同地域及扦插条件适当选择。

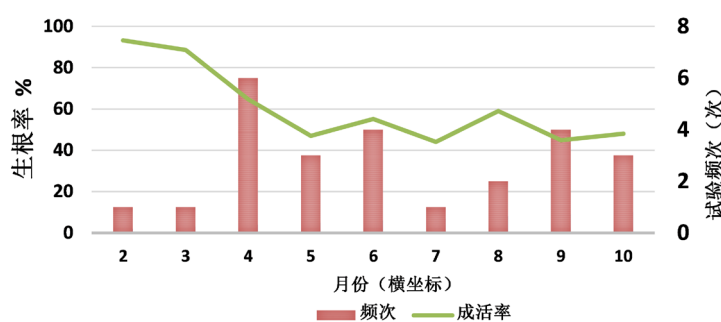


Figure 1. Monthly distribution and rooting rate statistics

图 1. 文冠果扦插月份分布及生根率统计

## 6. 问题与建议

### 6.1. 扦插材料类型、规格等对扦插效果的影响

文献分析,根段扦插生根率通常都优于其他几种材料,这与大多数难生根树种如楸树[30]、香椿[31]



[32]等具有一致性。但根段繁殖取材相对较为困难、繁殖系数相对较低。从目前文献报道统计分析,文冠果硬枝扦插与嫩枝扦插差异不显著。对于当前主要技术来讲,硬枝扦插材料在生产中是主流手段。参考其他树种扦插的一般规律,半木质化扦插材料的生根率应更高。当然对于嫩枝还是硬枝的界定,主要的意义并不是区分枝条的老嫩,而是要找到恰当时间阶段和扦插材料的最佳位置,以便提高生根率。扦插材料的粗度、长度等因素直接影响材料营养物质的积累,这对前期扦插材料的生根,可能有直接影响,从目前的报道来看,虽然长度不尽相同,但均表现出具有最佳长度的规律,即过长或过短都会影响生根率。对于扦插材料母树年龄对扦插效果的影响而言,在硬枝和嫩枝上表现出较强的年龄效应,这与很多针叶树的扦插具有一致性。目前文冠果扦插研究中,对于穗条的类型、规格、年龄等仍需进一步研究完善。

## 6.2. 基质对扦插效果的影响

理想的基质应具备良好的保水性和通气性及丰富的营养物质。相比之下,复合基质通过改变成分配比,可以直接影响其理化成分,提高植物扦插生根率。目前对于扦插基质的对比试验,多是以土、沙、草炭和珍珠岩等轻基质,或者几种材料复配作为主要材料。这些材料就地取材、成本低、适合粗放管理,下一步的研究方向应该是增加基质类型,细化配比方案,界定基质配方 pH 值范围等。目前扦插繁育的措施手段已有很大改进,从规模化生产的角度考虑,应借鉴其他树种开放式组培[33] [34] [35] [36] [37]、水培[38] [39] [40] [41] [42]等成功经验,拓展文冠果的扦插繁育方式。

## 6.3. 扦插温湿度条件控制

温湿度控制是扦插成活的关键性因素。从研究文献看,控制扦插基质温度高于空气温度是提高扦插生根率的重要手段。设施辅助扦插育苗的效果要好于露天扦插,其主要原因在于外部条件的精准控制程度要高,且能够缩短扦插生根的时间,提高效率。全光雾扦插作为提高扦插生根率的重要手段,可结合温室等辅助设施提高扦插效率。

## 6.4. 激素种类与浓度、浸泡时间之间的比较

激素的作用在于促发植物改变原来的分化状态。对于难生根树种打破休眠、促进萌发等,激素是重要的调节手段。从目前文冠果扦插的文献来看,基本上都是采用单种激素或者 ABT 等固定的配比进行试验。植物生长状态的调节是多激素因素影响的结果,不同种类的生长素对于不定根产生的促进作用不同。郭素娟和凌宏勤实验证明,单独使用某一种内源激素对白皮松插穗生根的促进作用不明显,插穗生根主要靠 IAA 和脱落酸(ABA)的共同作用,IAA/ABA 的浓度比值越大,插穗生根率越高,反之越低[43] [44]。因此,下一步应该着重研究各种不同激素的混合效果,激素类型、浓度等参数指标的选择,还应结合文冠果种质资源的类型和评价开展。

## 6.5. 扦插材料预处理对扦插效果的影响

目前对于穗条的预处理研究报道相对较少,仅限于金香花、李响等少数报道。借鉴楸树等难生根树种埋干处理,尝试采用多种不同的前处理方式来提高扦插效果[45] [46]。另外,可以借鉴其它树种的经验,探索新模式。

## 6.6. 不同品系之间的比较

目前,各地区各个研究单位系统地对文冠果不同品种、品系之间差异的研究报道相对较少。各地区文冠果资源遗传差异较大,且缺乏系统的收集和整理。作为文冠果开发利用的关键环节,系统收集文冠

果资源, 进行多年、多点的系统评价, 针对性开展文冠果扦插生根率影响因素调控, 形成不同品系与不同配方(处理)配套的技术体系, 对于今后文冠果产业化发展意义重大。

## 6.7. 生根机理的研究

目前国内对于扦插生根的研究主要集中在生理学和解剖学方面, 从分子水平对林木扦插生根机理的研究比较少[47]。文冠果扦插的研究多数处于初级摸索阶段, 对于各种实验因素的处理所得到的结果, 多是结果的描述, 没有进行深层次的分析研究各因子之间的互作关系和难生根的因素等。应总结和借鉴前人的研究成果, 进一步深入了解影响生根的分子机制, 以实现文冠果无性繁殖的高效规模化。

## 7. 展望

扦插以其便于操作、成本低等优势, 是林业技术推广和产业化的重要手段。在林业生产中也更容易被林农接受和推广, 生产上仍然被广泛应用。通过对目前研究报道的梳理, 对文冠果扦插繁育已经开展的研究和其中的不足进行总结, 同时借鉴其他树种开展的育苗容器、新型基质、新型促根剂等改良创新, 母株栽培、插穗制作、扦插方法、扦插苗管理, 以及消除插穗内源影响生根物质的研究等, 开展和完善文冠果扦插生根机理的研究, 不断拓展完善扦插技术体系, 推动文冠果繁育技术的开展。

## 基金项目

国家林业和草原局生物安全与遗传资源管理项目“文冠果遗传资源多样性调查及评价”。

## 参考文献

- [1] 张向东. 文冠果栽培技术[J]. 特种经济动植物, 2004, 7(5): 25-25.
- [2] 刘茹. 文冠果枝气培育苗试验[J]. 林业科技通讯, 1979(6): 1-2.
- [3] 王艺林, 刘贤德, 边彪, 等. 干旱荒漠区文冠果扦插繁殖技术研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(32): 11363-11365.
- [4] 莫保儒, 王多锋, 戚建莉, 等. 文冠果不同营养器官扦插繁殖试验研究[J]. 甘肃林业科技, 2014, 39(1): 18-21+55.
- [5] 赵国锦, 戴双. 文冠果扦插繁殖试验研究[J]. 山东农业科学, 2006(4): 22-24.
- [6] 宋群雁. 大庆地区文冠果高效繁殖体系的研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2013.
- [7] 张霞. 文冠果的特征特性及栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2018(8): 368-370.
- [8] 董云岚, 潘彩霞, 仝亚丽. 文冠果硬枝扦插试验[J]. 河南林业科技, 1982(1): 43-48.
- [9] 康国生, 马明呈. 文冠果的扦插育苗试验[J]. 陕西林业科技, 2008(2): 18-20.
- [10] 邢合龙. 朝阳地区文冠果扦插生长影响因素研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(12): 89+139.
- [11] 程冉. 文冠果的引种、快繁及优质丰产栽培技术体系研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [12] 孙丙寅, 李树庭, 容建波, 等. 文冠果繁育技术研究[J]. 陕西林业科技, 2011(6): 3-6.
- [13] 郭晓燕. 文冠果扦插繁殖试验研究[J]. 农业与技术, 2018, 38(2): 216.
- [14] 王慧琳. 文冠果扦插繁殖方法研究[J]. 绿色科技, 2018(15): 139-140.
- [15] 马明呈, 雷建元, 杨海文, 等. 不同基质和不同浓度的生根剂对文冠果的扦插育苗的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 310-310.
- [16] 金香花, 郝悦君, 周兰, 等. 文冠果种子筛选及黄化处理对扦插过程中主要化学成分变化的影响[J]. 延边大学农学报, 2017, 39(4): 56-61.
- [17] 李响, 郭晋平, 张芸香. 插条预处理及基质配方对文冠果硬枝扦插生根的影响[J]. 山西农业科学, 2019, 47(4): 628-630+640.
- [18] 宗建伟. 文冠果插穗不定根发育不同阶段解剖学特征研究[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [19] 宗建伟, 杨雨华, 赵忠, 等. IBA 对文冠果硬枝扦插根系形态指标的影响[J]. 北方园艺, 2012(23): 11-14.



- [20] 焦强, 张建忠, 王星乙, 等. 不同浓度、不同处理对文冠果根插育苗的影响[J]. 科技创业家, 2013(23): 185-186.
- [21] 汤鑫, 于庆福. 外源激素对文冠果硬枝扦插生根的影响[J]. 辽宁林业科技, 2016(6): 23-24+28+31.
- [22] 吴红雪. 神东矿区文冠果繁殖技术试验研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [23] 封志强, 冯银锁. 文冠果硬枝扦插试验初报[J]. 山西林业科技, 1981(4): 35-37.
- [24] 陈向珍, 杨小林. 温度对藏川杨扦插生根的影响[J]. 西部林业科学, 2016, 45(1): 53-56.
- [25] R.testolin, 王仁玕. 温度和生长素对猕猴桃冬季扦插生根的影响[J]. 亚热带植物科学, 1988(1): 8.
- [26] 雷泽勇, 孟鹏, 周凤艳. 樟子松嫩枝扦插技术[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(11): 5-6+8.
- [27] 张领, 谭美林, 赵佐敏. 不同节位与扦插期及土壤温湿度对金刺梨插穗成活率的影响[J]. 中国园艺文摘, 2015(9): 20-21+31.
- [28] 唐桂辉. 朝阳地区文冠果嫩枝全光喷雾扦插育苗技术初探[J]. 防护林科技, 2019(4): 88-89.
- [29] 王丽敏, 郑淼. 山西省文冠果扦插繁育技术研究[J]. 现代园艺, 2019(20): 8-10.
- [30] 楸树速生丰产技术研究协作组. 楸树地膜覆盖埋根育苗试验报告[J]. 河南林业科技, 1987(3): 4+5-8.
- [31] 陈春光. 香椿根穗扦插育苗及其病虫害防治[J]. 生物灾害科学, 2006, 29(2): 81-82.
- [32] 刘群录, 白俊格. 香椿的扦插繁殖[J]. 河北林学院学报, 1995, 10(3): 226-230.
- [33] 张艳. 杉木开放式组织培养的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [34] 崔刚, 单文修, 秦旭, 等. 葡萄开放式组织培养外植体系的建立[J]. 中国农学通报, 2004(6): 43-45.
- [35] 夏彩霞. 东北红豆杉开放式组培育苗关键技术的分析[J]. 农业与技术, 2019, 39(6): 73-74.
- [36] 徐凯南, 杨笑如. 杂交构树开放式组培快繁技术研究[J]. 科技创新与应用, 2017(6): 19-20.
- [37] 孙占育, 曹彬, 李红芳, 等. 长柄扁桃开放式组培试验研究[J]. 现代农业科技, 2013(20): 68+71.
- [38] 梁金波, 张强, 戴居会. 茶树“二段法”快繁育苗水培生根技术研究试验初探[J]. 茶叶, 2009, 35(1): 14-16.
- [39] 翟书华, 郭丽红, 陈子牛. 不同植物激素与培养液对米兰插条水培生根的研究[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(3): 60-61.
- [40] 漆丽萍, 李剑美, 汤浩绵. 不同生长调节剂对三角梅水培生根的影响[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(1): 101-106+110.
- [41] 王淑杰, 袁丽娜, 张健雄, 等. 东北红豆杉嫩枝营养液水培生根试验[C]//中国园艺学会 2011 年学术年会论文摘要集. 合肥: 中国园艺学会, 2011: 197.
- [42] 吴敏, 宋西德, 周锋利, 等. 柴松针叶束水培生根的研究柴松针叶束水培生根的研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(2): 60-62.
- [43] 郭素娟, 凌宏勤, 李凤兰. 白皮松插穗生根的生理生化基础研究[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(2): 43-47.
- [44] 凌宏勤. 白皮松扦插繁殖技术及生理和解剖学研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2001.
- [45] 郑先波, 王昊, 谭彬, 等. 埋干幼化处理对榛扦插生根的影响[J]. 经济林研究, 2016, 34(2): 151.
- [46] 张博. 环境因子智能控制下的楸树嫩枝扦插育苗技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [47] 李焕勇, 刘涛, 张华新, 等. 植物扦插生根机理研究进展[J]. 世界林业研究, 2014, 27(1): 23-28.
- [48] 陈四维, 查霞娟, 马宝昆, 等. 几种果树扦插繁殖试验初报[J]. 河北农业大学学报, 1981(2): 103-116.
- [49] 赵国锦, 于明礼. 文冠果的插根育苗技术[J]. 林业实用技术, 2006(6): 25-26.
- [50] 刘昭军. 文冠果插穗不定根发育不同阶段差异蛋白质组学研究[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [51] 宋群雁, 殷奎德, 刘希全, 等. 文冠果无性繁殖技术的研究进展[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2011, 23(6): 8-11.
- [52] 焦健, 李永强, 李越, 等. 文冠果扦插技术研究[J]. 防护林科技, 2016(2): 52-54.