

品种和气候对银杏嫁接成活及生长的影响

钱龙梁¹,薛 源¹,李 柠¹,李 强¹,曹福亮^{1,2*},汪贵斌^{1,2}

(1. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心,江苏 南京 210037;2. 江苏省农业种质资源保护与利用平台,江苏 南京 210014)

摘 要:为探究不同品种、不同气候条件以及二者组合对银杏嫁接成活率和苗木生长的影响,试验采用了古银杏(叶丰)、泰兴大佛指、27#(南京林业大学某品种)、57#(大花穗)4个品种的接穗,试验地点选在广东、云南、四川,每个试验地点均嫁接此4个品种。结果表明:1)27#与57#更容易在云南嫁接成活,泰兴大佛指、27#更容易在四川嫁接成活;泰兴大佛指、57#更容易在广东嫁接成活,总的来说,泰兴大佛指、27#、57#更容易在南方嫁接成活。2)3个试验地点中更有利于4个品种银杏接穗一级分枝新枝长、基茎生长的地方是四川,其次是云南;在云南,4个品种中接穗一级分枝的新枝长、基茎生长最好的接穗品种是27#,其次是57#;在四川、广东最好的均是泰兴大佛指,其次是57#,3个试验地点中嫁接后接穗生长最差的均是古银杏。3)最适合这4个品种的银杏叶中可溶性糖含量积累的地点是四川,云南次之;在广东,4个品种的银杏中可溶性糖含量最高的是27#,依次是泰兴大佛指、古银杏、57#;在云南,溶性糖含量最高的是27#,再次是泰兴大佛指、57#、古银杏;在四川,溶性糖含量最高的是57#,再次是27#、泰兴大佛指、古银杏。4)最适合4个品种银杏叶中可溶性蛋白含量积累的试验地点是广东,四川次之,云南的含量最低;在3个试验地点中4个品种的银杏叶中可溶性蛋白含量最高的均是古银杏,其次是泰兴大佛指。

关键词:银杏;品种;嫁接存活率;接穗一级分枝

中图分类号:S795.95 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)05-0100-05

Effects of Variety and Climate Conditions on the Grafting Survival Rate and Growth of *Ginkgo biloba*

QIAN Long-liang¹, XUE Yuan¹, LI Ning¹, LI Qiang¹, CAO FU-liang^{1,2,*}, WANG Gui-bin^{1,2}

(1. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China;
2. The Jiangsu Provincial Platform for Conservation and Utilization of Agricultural Germplasm, Nanjing, Jiangsu 210014, China)

Abstract: In order to explore the effects of variety and climatic condition, as well as their combination on the grafting survival rate and seedling growth of *Ginkgo biloba*, the experiments were carried out by using the scions of 4 different varieties, including ancient ginkgo (Yefeng), Taixing Big Buddha, 27# (a species of Nanjing Forestry University), 57# (Big flower spike). The test sites were selected in 3 places (Guangdong, Yunnan, and Sichuan) with different climate conditions. The results showed that 1) two cultivars, 27# and 57# were more likely to be grafted in Yunnan. Taixing Big Buddha and 27#, were more likely to be grafted in Sichuan. Taixing Big Buddha and 57# were easily grafted in Guangdong. In general, Taixing Buddha, 27#, 57# were more easily to be grafted in Southern China. 2) Among the three test sites, Sichuan was favorable for the length of new shoot of primary branch of ginkgo scion and stem growth, followed by Yunnan. In Yunnan, among 4 varieties, 27# presented the best growth for the length of new shoot of primary branch and stem growth, followed by 57#. In Sichuan and Guangdong, Taixing Big Bud-

收稿日期:2017-12-26 修回日期:2018-03-15

基金项目:国家重点研发计划课题(2017YFD0600701);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。

作者简介:钱龙梁,男,在读硕士,研究方向:经济林栽培。E-mail:1320017732@qq.com

* 通信作者:曹福亮,男,教授,博士生导师,研究方向:经济林栽培。E-mail:fuliangcaonjfu@163.com

dha was the best one, followed by 57#. Ancient ginkgo demonstrated the worst growth among 4 varieties. 3) For the accumulation of soluble sugar in *G. biloba* leaves of four varieties, Sichuan was the best site, followed by Yunnan. In Guangdong, the highest content of soluble sugar was found in 27#, followed by Taixing big Buddha, ancient ginkgo, and 57#. In Yunnan, the highest soluble sugar content was 27#, followed by Taixing Buddha, 57#, and ancient ginkgo. In Sichuan, the order of the soluble sugar content was 57# > 27# > Taixing Buddha > ancient ginkgo. 4) For the accumulation of soluble protein in *G. biloba* leaves, the order of the soluble protein content among 3 sites was Guangdong > Sichuan > Yunnan. Among the four cultivars, the highest one was ancient ginkgo, followed by Taixing big Buddha.

Key words: *Ginkgo biloba*; variety; grafting survival rate; branch of scion first grade

嫁接是无性繁殖的一种方式,是将接穗通过某种方法嫁接到砧木上,通过砧木和接穗的亲合力来形成愈伤组织从而达到成活,产生嫁接苗木。因嫁接能保持和发展优良种性,实现早期丰产,促使树木矮化,能充分利用野生树种资源,能对现有的树种改良换优、提高树种的适应性,因此无性繁殖是商业种植极有效的方法之一。人们利用接穗、环境条件对砧木的影响,来选育合适的繁殖材料。前人研究认为,砧木是原始繁殖材料极其重要的一部分,砧木影响嫁接成活、接穗后期的生长发育^[1-4]、营养吸收^[5-6]、光合^[7-9]、抗性^[10-13],与此同时也对苗木产量和品质等产生一定的影响。叶用林的大面积种植中更多采用播种繁殖,而嫁接繁殖现象尚未引起人们的足够重视^[14],另外在嫁接时候,人们更多考虑砧木对嫁接成活的影响,而对于接穗、环境条件及二者互相影响对嫁接成活的影响关注度不多。环境条件与接穗相互作用是嫁接成活中的一个潜在的问题。因此,本研究采用 4 个品种接穗嫁接在南方 3 个地方来研究接穗品种、环境条件以及二者共同作用对银杏嫁接成活和接穗后期生长的影响,以期筛选合适的接穗生长在合适的地方,为银杏果叶兼用林大面积种植提供繁殖材料。

1 研究区概况

试验地 3 个地点分别是广东省云浮市前锋镇菜坑村、四川省达州市开江县和云南省曲靖市沾益县。前锋镇位于云浮市城区南面(112°05'E, 22°49'N), 海拔 754 m, 属亚热带季风气候。历年平均气温 21.3℃, 降水量 1 850 mm, 霜日 7 d。开江县域介于 107°42'—108°05'E, 30°47'—31°15'N, 平均海拔 700 m, 属于中亚热带湿润季风气候区, 气候温和, 热量充足, 四季分明, 雨量丰沛, 季风气候明显, 立体气候突出, 年均温 16.6℃, 年降水 1 259.2 mm, 年日照 1 386.6 h, 无霜期长达 282.6 d。云南省曲靖市沾益区沾益县(103°58'E, 25°52'N), 海拔 2 100 m, 全年气候温和, 降水充沛, 干湿季分明, 属低纬度高原

季风气候。年平均气温 16.3~18.6℃, 极端最高温 33.1℃, 极端最低温 -9.2℃, 年日照时数 2 098 h, 日照率 47%, 全年无霜期 255 d 左右, 年均降雨量 1 002 mm, 5—10 月降水量占全年降水的 89%。

2 材料与方法

2.1 试验设计

2017 年 3 月 18 日, 从江苏省邳州市陈楼镇银杏种质资源圃选取 4 个品种的接穗, 分别是古银杏(叶丰)、泰兴大佛指、27#(南京林业大学一品种)、57#(大花穗), 每个试验点都嫁接 4 个品种的接穗, 同一个试验地点的砧木都是相同品种的 3 年生实生苗, 每个品种的接穗都采自同一树龄的银杏树上, 3 个试验点均由同一嫁接员采用劈接方法进行嫁接, 由于 3 个地点距离较远, 故嫁接时间前后相差 1~2 d, 且同一品种的接穗长短、粗细基本一致, 接穗长 15 cm, 直径为 5 mm, 所有接穗均是双芽。由于接穗数量有限, 故在广东嫁接古银杏 60 株、泰兴大佛指 90 株、27# 和 57# 各 120 株; 在云南嫁接古银杏 30 株、泰兴大佛指 60 株、27# 和 57# 各 120 株; 在四川嫁接古银杏 30 株、泰兴大佛指 60 株、27# 和 57# 各 120 株。每个试验点的每个品种均有 3 个重复, 采用随机区组试验设计, 嫁接后 3 个地方的水肥管理均按照嫁接员提供的统一标准进行实施。

2.2 指标测定及方法

2.2.1 生长指标测定 2017 年 5 月份分别统计 3 个地方的嫁接存活率, 8 月和 9 月初分别测定在与砧木接合点上方 10 cm 处有效芽抽出来的接穗一级分枝的基径 D 、新枝长 H 。并从测量的接穗一级分枝的上、中、下 3 个部位采取 3~5 叶, 所有叶样均采用干冰保存带回后放入 -193℃ 的超低温冰箱保存, 用于后期测可溶性糖和蛋白。

2.2.2 可溶性蛋白质测定 采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[15]。称取鲜叶样 0.5 g, 用 5 mL 蒸馏水或者缓冲液研磨成匀浆后, 10 000 r·min⁻¹ 离心 10 min, 上清液即为粗酶提取液。吸取样品 1 mL

(视蛋白质含量适当稀释),放入试管中(设 3 个重复管),加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 试剂,充分混合,放置 2 min 后在 595 nm 下比色,记录吸光度值,并通过标准曲线查得蛋白质含量。带入公式计算:

$$\text{样品中蛋白质含量}=\frac{C\times V_T}{V_s\times W_F\times 1\,000}\quad (1)$$

式中, C 为查标准曲线值($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$); V_T 为提取液总量(mL); W_F 为样品鲜重(g); V 为测定时加样量(mL)。

2.3.3 可溶性糖的测定 采用蒽酮比色法测定^[15]。采取新鲜植物叶片,擦净表面污物,剪碎混匀,称取 0.10~0.30 g,共 3 份,或干材料。分别放入 3 支刻度试管中,加入 5~10 mL 蒸馏水,塑料薄膜封口,于沸水中提取 30 min(提取 2 次),提取液过滤入 25 mL 容量瓶中,反复漂洗试管及残渣,定容至刻度。吸取样品提取液 0.5 mL 于 20 mL 刻度试管中(重复 3 次),加蒸馏水 1.5 mL,再向试管中加入 0.5 mL 蒽酮乙酸乙酯试剂和 5 mL 浓硫酸,充分振荡,立即将试管放入沸水浴中,逐管均准确保温 1 min,取出后自然冷却至室温,在 630 nm 波长下测其吸光度值,并通过标准曲线查得可溶性糖含量。带入公式计算:

$$\begin{aligned} &\text{可溶性糖含量=} \\ &\frac{\frac{\text{从回归方程求得糖的量}}{\text{吸取样品液的体积}}\times\text{提取液量}\times\text{稀释倍数}}{\text{样品干重}\times 10^6}\times 100\% \end{aligned}\quad (2)$$

2.3 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2007 进行数据统计分析,用 SPSS 19.0 软件中 Duncan 法对差异显著指标进行方差分析^[16]。

3 结果与分析

3.1 接穗、试验地点对嫁接存活的影响

同一品种在不同地方嫁接成活率差异显著,而同一地点不同品种间差异不显著。总体表现为 4 种接穗在四川的嫁接存活率最高(表 1),其中泰兴大佛指、57 号、27 号在云南嫁接存活率均高达 90% 多,这 3 个品种在广东接穗嫁接存活率均不高,分别为 69.0%、59.7%、38.7%,古银杏在云南的嫁接存活率为 76.0%;四川为 85.0%;广东最低为 44.7%,另外古银杏、27 号这 2 个品种接穗在云南、四川的嫁接存活率均超过 50%,而在广东嫁接存活率均不超过 50%。4 种接穗在云南、四川嫁接存活率几乎一致,而在广东则差距很大,这可能与广东气候、地理条件及砧木情况有关。

3.2 接穗、试验地点对接穗一级分枝的影响

不同品种嫁接在同一地方接穗一级分枝的基茎在 8 月表现为品种间差异不显著,新枝长在广东、四川均表现为品种间差异不显著,在云南,泰兴大佛指、27 号、57 号间未出现显著性差异,27 号、57 号均与古银杏差异显著,大佛指与古银杏间差异不显著。而 9 月则表现为,新枝长在云南、四川品种间差异不显著,在广东,泰兴大佛指与古银杏差异显著,与其他 2 个品种差异不显著,古银杏、27 号、57 号这 3 个品种均未出现显著差异。在广东、四川嫁接后的 4 个品种间的基茎均未出现显著性差异,而在云南,古银杏、27 号、57 号这 3 个品种间的基茎无显著差异,古银杏与大佛指的基茎出现显著差异,而 27 号、57 号均与泰兴大佛指的基茎差异不显著(表 2)。

表 1 不同接穗、地方对银杏嫁接存活率的影响

Table 1 Survival rates of 4 Ginkgo varieties in 3 sites %

地点	接穗品种			
	古银杏(叶丰)	泰兴大佛指	57 号(大花穗)	27 号
云南	76.0±1.7b	82.3±1.8b	86.7±1.5b	87.0±0.6b
四川	85.0±1.7a	90.3±1.8a	91.3±0.9a	92.0±0.6a
广东	44.7±2.6c	69.0±2.1c	59.7±1.5c	38.7±1.5c

注:不同小写字母表示在 0.05 水平的显著差异。下同。

3.3 接穗、试验地点对可溶性糖含量的影响

不同品种接穗嫁接在同一个地方对银杏中可溶性糖含量的影响表现出显著性差异。8 月 4 种接穗在云南嫁接后表现为:27 号、泰兴大佛指均与古银杏、57 号呈显著差异,两者之间未出现显著性差异,其中含量最高的是 27 号,为 4.31%,含量最低的是古银杏为 2.70%。在广东表现为:27 号与其他 3 个品种的均呈显著差异,古银杏、泰兴大佛指、57 号三者之间无明显差异,在该试验点可溶性糖含量最高是 27 号为 5.82%,含量最低的是 57 号为 3.49%。在四川则表现为:57 号与古银杏、泰兴大佛指呈显著差异,与 27 号无明显差异,27 号与泰兴大佛指无明显差异,与古银杏出现显著性差异,泰兴大佛指与古银杏呈显著性差异。9 月 4 种接穗在云南嫁接后表现为:27 号、57 号两者间无明显差异,但均与古银杏、泰兴大佛指呈显著差异,古银杏与泰兴大佛指也呈显著差异。在广东地区四者之间均未出现显著性差异。在四川则表现为:57 号与其他 3 个品种均呈显著性差异,古银杏、泰兴大佛指、27 号三者之间无明显差异(表 3)。

3.4 接穗、试验地点对可溶性蛋白含量的影响

不同品种接穗嫁接在同一个地方对银杏中可溶性蛋白含量的影响表现出显著性差异。8 月 4 种接穗在四川嫁接后表现为:57 号、泰兴大佛指、古银杏均与 27 号呈显著差异,但三者之间未出现显著性差

表 2 不同品种嫁接在同一地方对接穗一级分枝的影响

试验地点、品种	8 月		9 月	
	新枝长 <i>H</i>	基茎 <i>D</i>	新枝长 <i>H</i>	基茎 <i>D</i>
云南、古银杏	21.3±12.5b	7.29±1.64	21.4±6.0	9.53±2.03a
云南、大佛指	28.6±9.7ab	6.10±1.12	31.5±9.6	7.64±1.06b
云南、57#	31.0±8.1a	6.38±1.26	31.4±8.5	7.82±1.91ab
云南、27#	31.7±6.8a	6.37±1.14	37.1±15.2	9.13±1.82ab
广东、古银杏	12.0±0.2	4.01±0.48	11.8±0.6b	4.56±0.49
广东、大佛指	16.3±4.7	3.76±0.51	18.1±3.7a	4.55±0.50
广东、57#	15.9±4.6	3.92±0.57	15.0±5.2ab	4.55±0.66
广东、27#	15.2±4.2	3.97±0.54	14.1±4.4ab	4.22±4.22
四川、古银杏	39.0±13.0	8.70±2.35	32.4±13.4	7.89±2.60
四川、大佛指	50.6±17.6	7.92±1.44	42.8±7.7	6.74±1.29
四川、57#	43.5±9.8	7.17±0.93	43.4±12.0	7.70±1.10
四川、27#	43.4±9.9	7.48±1.46	43.9±11.7	7.21±1.00

表 3 不同品种嫁接在同一地方对银杏中可溶性糖含量的影响

试验地点、品种	可溶性糖含量/%	
	8 月	9 月
云南、古银杏	0.0270±0.0026c	0.0323±0.0008b
云南、泰兴大佛指	0.0410±0.0002a	0.0262±0.0023c
云南、27#	0.0431±0.0006a	0.0402±0.0009a
云南、57#	0.0320±0.0003b	0.0366±0.0007a
广东、古银杏	0.0373±0.0009b	0.0296±0.0019
广东、泰兴大佛指	0.0407±0.0009b	0.0392±0.0003
广东、27#	0.0582±0.0099a	0.0387±0.0057
广东、57#	0.0349±0.0017b	0.0332±0.0033
四川、古银杏	0.0375±0.0003c	0.0265±0.0047b
四川、泰兴大佛指	0.0429±0.0009b	0.0283±0.0045b
四川、27#	0.0460±0.0031ab	0.0199±0.0043b
四川、57#	0.0501±0.0010a	0.0406±0.0004a

异,其中含量最高的是古银杏为 1.27 mg · g⁻¹;含量最低的是 27#为 0.73 mg · g⁻¹。在云南表现为:27#、泰兴大佛指、古银杏 3 个品种的均未出现显著性差异,其中古银杏、泰兴大佛指与 57#均出现显著差异,但 27#与 57#两者间未出现显著性差异。可溶性蛋白含量最高的是古银杏为 0.86 mg · g⁻¹,最低的是 57#为 0.37 mg · g⁻¹。在广东则表现为:古银杏、泰兴大佛指、57#三者间未呈显著差异,泰兴大佛指、57#均与 27#无明显差异,27#与古银杏出现显著性差异,其中含量最高的是古银杏为 1.59 mg · g⁻¹,最低的是 27#为 1.01 mg · g⁻¹。9 月 4 种接穗在云南嫁接后银杏中可溶性蛋白含量均为出现显著性差异,4 个品种的可溶性蛋白的含量几乎接近。在四川地区古银杏、27#、57#三者之间均未出现显著性差异,但都与泰兴大佛指之间呈显

著差异。可溶性蛋白含量最高的是古银杏为 0.97 mg · g⁻¹,最低的是 27#为 0.74 mg · g⁻¹。在广东则表现为:27#、57#与其他 2 个品种均呈显著性差异,且 27#与 57#之间呈显著差异,古银杏、泰兴大佛指二者之间无明显差异(表 4)。

表 4 不同品种嫁接在同一地方对银杏中可溶性蛋白含量的影响

试验地点、品种	可溶性蛋白含量/(mg · g ⁻¹)	
	8 月	9 月
四川、古银杏	1.27±0.12a	0.82±0.09b
四川、泰兴大佛指	1.23±0.03a	0.97±0.02a
四川、27#	0.73±0.10b	0.74±0.01b
四川、57#	1.16±0.06a	0.78±0.04b
云南、古银杏	0.86±0.13a	0.71±0.14
云南、泰兴大佛指	0.76±0.25a	0.76±0.09
云南、27#	0.71±0.16ab	0.62±0.03
云南、57#	0.37±0.17b	0.58±0.18
广东、古银杏	1.59±1.18a	1.26±0.10b
广东、泰兴大佛指	1.46±0.25ab	1.25±0.13b
广东、27#	1.01±0.18b	1.59±0.12a
广东、57#	1.13±0.31ab	0.88±0.05c

4 结论与讨论

相同品种接穗在不同地方嫁接后对银杏接穗的一级分枝的新枝长、基茎影响很大,相同地方不同品种接穗间差异也很大。合适的接穗嫁接在合适的地点对嫁接成活以及后期苗木生长十分重要。

此外,环境条件差(雨水、杂草过多,土壤轻度板结)的地方嫁接成活后的银杏中可溶性蛋白含量高,但其可溶性糖的含量则相对于环境条件好(雨水适中,沙壤土)的地方有所降低。可溶性蛋白的含量直

接影响植物对重金属污染的抵抗能力,可溶性糖的含量对植物能量的需求和代谢中间体方面有着直接影响,对苗木结构发育也有着不同程度的间接影响。

参考文献:

[1] CARDINAL A B B,GONCALVES P S,MARTINS A L M. Stock-scion interactions on growth and rubber yield of hevea brasiliensis[J]. Scientia Agricola,2007,64(3):235-240.

[2] 吴强. 杉木砧木质量对接穗生长影响的研究[J]. 四川农业大学学报,1996,14(2):264-266.

WU Q. The influence of stock quality on growth of scion in cunninghamia laneolata[J]. Journal of Sichuan Agricultural University 1996,14(2):264-266. (in Chinese)

[3] 李惠,梁曼曼,赵爽,等. 不同砧木对‘绿岭’核桃生长和果实品质的影响[J]. 西北林学院学报,2017,32(6):113-118.

LI H,LIANG M M,ZHAO S,*et al.* Effects of different root-stocks on the growth and kernel quality of juglans regia cv. ly-ulung[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32 (6):113-118. (in Chinese)

[4] 李敏敏,袁军伟,刘长江,等. 不同砧木对‘小味多’葡萄生长和果实品质的影响[J]. 西北林学院学报,2017,32(3):139-143.

LI M M,YUAN J W,LIU C J,*et al.* Effects of different root-stocks on the growth and berry quality of vitis vinifera cv. petit verdot grapevine[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(3):139-143. (in Chinese)

[5] KOCSIS L,LEHOCZKY E. The significance of yield production and sugar content of the grape juice with macronutrients in grape root stock-scion combinations on dry climatic condition [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis,2002,33(15-18):3159-3166.

[6] GRANT R S,MATTHEWS M A. The influence of phosphorus availability,scion,and root stock on grape vine shoot growth, leaf area, and petiole phosphorus concentration[J]. American Journal of Enology and Viticulture,1996,47 (2):217-224.

[7] SOUTHEY J M,JOOSTE J H. Physiological response of *Vitis vinifera* (cv. chenin blanc) grafted on to different root stocks on relatively saline soil[J]. South African Journal of E-

nology and Viticulture,1992,13(1):10-12.

[8] DÜRING H. Photosynthesis of ungrafted and grafted grapevines;effects of root stock genotype and plant age [J]. American Journal of Enology and Viticulture,1994,45(3):297-299.

[9] 孟丙南,张俊佩,裴东,等. 不同砧木对核桃光合特性的影响[J]. 经济林研究 ,2013,31(2):32-37.

MENG B N,ZHANG J P,PEI D,*et al.* Effects of different rootstocks on photosynthesis characteristics in walnut[J]. Non-wood Forest Research,2013,31(2):32-37. (in Chinese)

[10] STRIEGLER R K,HOWELL G S. The influence of root stock on the cold hardiness of Seyval grapevines. I . Primary and secondary effects on growth,canopy development,yield, fruit quality and cold hardiness [J]. Vitis,1991,30(1):1-10.

[11] MCCARTHY M G,CIRAMI R M. The effect of root stocks on the performance of chardonnay from a nematode infected barossa valley vine yard [J]. American Journal of Enology and Viticulture,1990,41(2):126-130.

[12] 张和禹,王建林,林青松. 桑树砧木耐盐性比较[J]. 经济林研究,2005,23(3):50-52.

ZHANG H Y,WANG J L,LIN Q S. Study on salt-tolerance of mulberry stock [J]. Nonwood Forest Research, 2005, 23 (3):50-52. (in Chinese)

[13] 崔培毅,徐金燕,阿里木江. 阿月浑子砧木抗寒育苗选择[J]. 经济林研究,2005,23(1):52-53,59.

CUI P Y,XU J Y,ALIMUJIANG. The study on the selection of anti-frigid stock breeding of pistacia vera L[J]. Nonwood Forest Research,2005,23(1):52-53,59. (in Chinese)

[14] 齐明,何贵平,罗修宝,等. 杉木嫁接产生无性杂种的一个例证[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(2):56-59.

QI M,HE G P,LUO X B,*et al.* An asexual hybrid generating from Chinese fir grafting clones in Suichang of Zhejiang Province[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2012,32(2):56-59. (in Chinese)

[15] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[16] 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 北京:科学出版社,2013:111-112.