

文章编号:1001—7380(2020)05—0001—04

生长调节剂对白花龙扦插生根效能的影响

刘 瑶¹,惠静怡¹,唐思佳¹,金 艳¹,李长虎¹,童丽丽^{1*},张耀琴²,许晓岗²

(1. 金陵科技学院园艺园林学院,江苏 南京 210038; 2. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心/生物与环境学院,江苏 南京 210037)

摘要:为探明生长调节剂对白花龙插穗生根效能的影响,试验以不同生长调节剂类型、质量浓度进行2因素4水平处理试验并观测。结果为:①IBA对白花龙插穗的生根有促进作用,其中750 mg/L IBA处理的插穗生根率最高,达85.56%,其次是500 mg/L IBA处理的插穗,生根率达67.78%;②插穗取样部位以中下部生根效果最好;③可溶性糖和可溶性蛋白质含量随生根过程而变化,都呈现下降-上升-下降的趋势;④500 mg/L IBA的处理最有利于插穗生根过程中可溶性糖和可溶性蛋白质的积累,750 mg/L IBA的处理次之。综合来看,高质量浓度的IBA有利于白花龙插穗生根、可溶性糖和可溶性蛋白的积累;最佳处理是500 mg/L IBA,其次是750 mg/L IBA。

关键词:白花龙;生长调节剂;插穗;生根;生理指标;安息香科

中图分类号:Q945.52;Q949.775.5;S685.99

文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.05.001

Effects of growth regulators on rooting efficiency of cuttings of *Styrax faberi* Perk.

Liu Yao¹, Hui Jingyi¹, Tang Sijia¹, Jin Yan¹, Li Changhu¹, Tong Lili^{1*}, Zhang Yaoqin², Xu Xiaogang²

(1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Nanjing 210038, China; 2. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to learn the effect of exogenous hormones on rooting efficiency of cuttings of *Styrax faberi*, different types and concentrations of growth regulators were treated with 2 factors and 3 levels. Result showed as follows: ①IBA had a promoting effect on the rooting of the cuttings, with 750 mg/L reaching the highest rooting (85.56%), followed by 500 mg/L, reaching 67.78%; ②The rooting effect of the middle and low parts of cuttings was the best; ③The content of soluble sugar and soluble protein changed with the rooting process, showing a trend of decline-rise-decline. ④The treatment of 500 mg/L IBA was the best for the accumulation of soluble sugar and soluble protein during rooting, followed by 750 mg/L IBA. In conclusion, the high concentration of IBA (500 mg/L, followed by 750 mg/L) was beneficial to the cutting rooting and the accumulation of soluble sugar and soluble protein.

Key words: *Styrax faberi*; Growth regulator; Cutting; Rooting; Physiological index; Styracaceae

白花龙(*Styrax faberi* Perk.)为安息香科(Styracaceae)安息香属优质种,又名白龙条、响铃子、梦童子,主要分布于我国长江流域以南地区^[1]。白花龙树形优美,常在春夏2季开花,簇生于枝顶,颜色淡雅,具有较高的观赏价值,是珍贵的园林绿化树种^[2]。医学研究表明,白花龙的花、叶、果均具有一定药用价值,可治疗头晕发热、胃脘痛、风湿关节炎等^[3]。白花龙因其种皮坚硬,打破休眠困难,导致

其天然萌发率低^[4],制约了白花龙的大规模生产,使得该资源无法满足日益增加的市场需求^[5]。而扦插繁殖相对简便,繁殖系数较高,且能够保持母本的优良性状和一致性^[6]。赵翔等用ABT-1号、IBA和IAA共3种促根剂,对灰木莲嫩枝扦插生根做过研究,认为1 500 mg/L的IBA处理插穗基部10 s,能得到较好的生根效果^[7]。为探索该种在北亚热带地区扦插繁殖的生理特性,本试验以IBA、水杨酸

收稿日期:2020-08-02;修回日期:2020-08-30

基金项目:2019年江苏省大学生创新训练计划项目“白花龙在南京引种的适应性研究”(201913573058Y);江苏省林业科技创新与推广项目“红花茉莉繁育技术集成示范推广”(LYKJ[2018]13)

作者简介:刘 瑶(1999-),女,江苏扬州人,大学本科生。从事园林植物栽培研究。

*通信作者:童丽丽(1970-),女,江苏南京人,教授,博士。从事园林植物研究。E-mail: 2636449184@qq.com。

及其多重组合对白花龙插穗生根的影响来寻求白花龙扦插繁殖的最佳方法,为白花龙在亚热带地区生产提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于金陵科技学院园艺站温室大棚,白天气温(6:00—18:00)为 16—36℃,夜间气温(18:00—次日6:00)为 10—21℃,空气湿度为 66%—88%。

1.2 试验材料

插穗采自试验地里的 2 年生实生苗(安徽齐云山种源,苗均高度 1.5 m,具 30—40 个主分枝)。试验于 2019 年 9 月 18 日开始进行。剪下 1 年生枝条,将枝条生态学上端剪为平滑,枝条生态学下端斜切,剪为长度 7—10 cm 的枝条,然后插入相对应的试剂中浸泡。将泥炭土:珍珠岩以 2:1 质量比配成基质,再用 0.05%高锰酸钾对基质进行消毒 24 h,处理后的插穗直接插于基质,根据气温及湿度间歇喷雾,定期观测。

1.3 试验方法

1.3.1 扦插时间 白花龙在南京 11 月后才落叶,且秋季枝条半木质化程度相对较高,含有较多的营养物质,生根能力较强,具有一定的防腐能力^[8-9],适合秋插。试验时间为 9 月 18 日—11 月 8 日。

1.3.2 生长调节剂组合效应试验 采用不同生长调节剂、不同质量浓度、相同浸泡时间进行 3 因素 4 水平试验,并以纯水处理为对照组(CK),3 个因素设置为 A1(水杨酸)、A2(IBA)、A3(IBA+水杨酸按 1:1 混合);4 个水平设置为 B1(250 mg/L)、B2(500 mg/L)、B3(750 mg/L)、B4(1 000 mg/L),浸泡 30 min 后扦插,每处理插穗 300 根,重复 3 次,观测不定根的数量与长度。

每隔 7 d 统计生根数量和测量根系长度,同时对生根枝条进行可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量等生理指标的测定,用丙二醛测定法测定插穗中可溶性蛋白的含量,用考马斯亮蓝法测定插穗中的可溶性糖含量,最后对生根率、生根数量和最长根长等指标试验数据进行方差分析和多重比较分析。

1.3.3 插穗部位效应试验 分别取样植株从最基部向上第 1—2 轮枝条(2 年生)、第 4—5 轮枝条(1 年生)、第 7—8 轮(当季生枝条)为材料制作插穗,分别记作上部、中部、下部插穗。以 750 mg/L 生长调节剂处理 30 min,3 次重复,进行单因素试验,以探究白花龙插穗生根的部位效应。

1.4 数据处理

试验数据采用 SPSS 19.0 进行方差分析和 Duncan 多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 插穗生根时期的外部形态观察

扦插 21 d 后,各处理插穗基本无生根现象。扦插 28 d 后,A2B1、A2B2、A2B3、A2B4 处理的插穗不定根突破表皮并逐步生长,直至不定根尖明显并长出绒毛(见图 1-A);35 d 后,CK 处理的插穗不定根也突破表皮并逐步生长,而用 A1 和 A3 处理的不定根数量极少。42 d 后,大多数插穗基部 0.1—2 cm 处的皮部爆裂,不定根不断伸长(见图 1-B)。扦插 49 d 后,大部分处理均已生根。在扦插 49 d 后,A1 和 A3 处理的仅有 13—60 根插穗生成不定根,其他插穗基部出现变黑、腐烂现象,逐渐干枯死亡。



A: A2B2 处理扦插 27 d 后; B: A2B2 处理扦插 42 d 后

图 1 白花龙皮部生根状况

2.2 生长调节剂种类、质量浓度对白花龙插穗生根的影响

由表 1 中的数据可见:CK 处理插穗生根率为 31.13%,平均生根数为 93.4;不同质量浓度生长调节剂处理组生根率为 4.33%—85.56%,其中 A2B3 处理的白花龙插穗生根率最高,达 85.56%,高于 CK 处理 52.6%,平均生根数多达 256.67;其次是 A2B2 处理的插穗,生根率为 67.78%,高于 CK 处理 34.82%,平均生根数达 203.33。从表 1 中,可清晰比较各种类生长调节剂下的插穗生根情况,除 A2 处理明显高于 CK 处理外,A1 和 A3 处理条件下插穗的生根率均低于 CK 处理。A1 处理下白花龙插穗生根率普遍较低,当 A1 处理质量浓度为 750 mg/L 时,出现生根率为 4.33%的情况,平均生根数仅为 13。A3 处理下的插穗生根率稍高于 A1 处理下的插穗。

表1 不同生长调节剂对白花龙插穗生根的影响

处理	生长调节剂 质量浓度	生长调节剂 种类	平均生根 时间/d	生根率/%	生根数	最长根长/cm
1	B1	A2	30.00±1.00 e	47.89±6.57 c	143.67±20.26 c	7.23±0.15 b
2	B1	A1	47.00±1.00 abc	20.00±3.33 e	60.00±10.00 e	3.33±0.30 eg
3	B1	A3	47.67±0.58 ab	7.89±4.95 fg	23.67±14.84 fg	2.85±0.12 fgh
4	B2	A2	28.00±1.00 e	67.78±8.39 b	203.33±25.17 b	5.30±0.03 c
5	B2	A1	47.67±2.31 ab	15.56±1.92 ef	46.67±5.77 ef	2.68±0.33 h
6	B2	A3	44.67±1.53 c	17.78±6.94 e	53.33±20.82 e	4.40±0.14 d
7	B3	A2	30.33±0.58 a	85.56±6.94 a	256.67±20.82 a	7.79±0.14 a
8	B3	A1	48.67±0.58 g	4.33±2.03 g	13.00±6.08 g	0.84±0.29 i
9	B3	A3	46.67±1.53 g	4.44±1.92 g	13.33±5.77 g	3.69±0.29 e
10	B4	A2	28.00±1.00 c	54.44±1.68 c	163.33±5.03 c	5.36±0.69 c
11	B4	A1	47.67±0.58 e	18.67±1.76 e	56.00±5.29 e	3.16±0.05 fgh
12	B4	A3	46.00±1.00 ef	13.44±3.50 ef	40.33±10.50 ef	3.43±0.17 ef
CK	-	-	37.67±2.52 d	31.11±3.85 d	93.33±11.55 d	5.42±0.23 c

注:表中数据为平均值±标准误;不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

在最长不定根长度统计结果(见表1)中,A2B3处理效果最显著,长达7.90 cm,比CK处理(5.44 cm)多2.46 cm。但是A1和A3处理下的插穗最长不定根长度均低于CK处理。

在生根时间统计结果(见表1)中,不定根最早出现的处理是A2B3处理,其生根时间均值为30.33 d,效果最差的是A1B3处理,其均值为48.67 d。

由此可见,生长调节剂的种类和质量浓度是影响白花龙插穗生根的重要因子,其中A2B3处理浸泡插穗能促进根部的长度生长从而有效提高白花龙的生根率,超过该质量浓度则呈下降趋势,即过高质量浓度的A2处理会抑制生根,但是A1处理的插穗和A3处理下的插穗生根率和最长根长均不高,其效果甚至低于CK处理效果,但A3处理后的插穗生根率和最长根长稍高于A1处理的插穗。由此可见,A2处理促进生根作用优于A1处理。生长调节剂的种类对促进生根作用效果依次为A2>A3>A1;A2处理的质量浓度对促进生根作用效果B3>B2>B4>B1;由于A1和A3处理插穗的生根率和最长根长均低于CK处理的值,故在此不作比较。

以上试验表明,单一因素最优处理为A2B3。

2.3 生长调节剂种类、质量浓度对白花龙插穗生根过程中可溶性糖含量的影响

由图3可知,在扦插后的0—7 d,各处理的可溶性糖含量曲线几乎都呈现下降趋势,这可能是叶片在消耗自身的营养来帮助其适应扦插环境并诱导愈伤组织形成。14—28 d,可溶性糖含量不断上升,

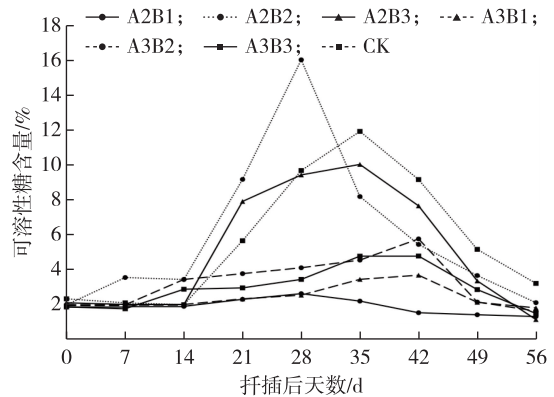


图3 不同处理对白花龙插条可溶性糖的含量

这可能是插穗开始生成不定根,促成新枝叶的萌发,插穗加强了光合作用的能力,使插穗中积累的淀粉类物质逐渐降解为可溶性糖,可溶性糖得到积累。35—49 d之后,可溶性糖含量开始下降,这可能是积累的可溶性糖提供了生命活动需要的能量而形成大量不定根。

根据图3,各因素各水平下试验的结果得出:A2B1处理白花龙的可溶性糖含量在7 d时低于CK处理,在14 d时基本持平,数值在第28 d达到峰值2.635%后,逐渐下降,并一直小于CK处理;A2B2处理白花龙的可溶性糖含量在7 d时高于CK处理,数值在7—28 d内剧增至15.984%后,不断下降;A2B3处理白花龙叶片的可溶性糖含量在第21 d与CK处理基本持平,在第35 d达到峰值10.013%后,又迅速下降到小于CK处理;A3B1,A3B2,A3B3处

理白花龙的可溶性糖含量都在经处理 42 d 时达到峰值,峰值分别为 3.689%,5.762%,4.782%,但整体数值都小于 CK 处理。经比较,A2B2 处理最有利于白花龙在扦插生根过程中可溶性糖的积累。

2.4 生长调节剂种类、质量浓度对白花龙插穗生根过程中可溶性蛋白含量的影响

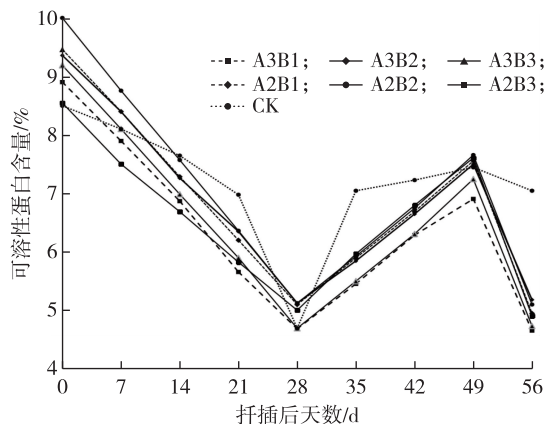


图 4 不同处理对白花龙插条可溶性蛋白的含量

由图 4 可知,生长调节剂处理的插穗可溶性蛋白降幅均大于 CK 处理,这说明生长调节剂能明显促进插穗的代谢活动,加快可溶性蛋白的消耗速度,为白花龙插条生根提供蛋白原料。不同处理下与 CK 处理的可溶性蛋白动态变化趋势均是下降—上升—下降。因为不定根的形成需要消耗能量,并且这时期可溶性糖含量低,需要分解蛋白构建根原始体,所以不定根形成前可溶性蛋白质含量会先降低,28—49 d 不定根形成并突破表皮并进行伸长生长,可溶性蛋白质含量升高,这是由于不定根长出后,需要大量蛋白材料构建新的组织器官(不定根)。48 d 之后可溶性蛋白质被用于其他组织的生长,因此其含量降低。各种处理的插穗可溶性蛋白含量在扦插后第 28 天达到谷值,不同生长调节剂处理下可溶性蛋白含量降幅均大于 CK 处理,同时 14—28 d 的蛋白质含量低于 CK 处理。28—42 d,即不定根开始发生时期,可溶性蛋白含量上升。在大量不定根形成的时期,即 42—49 d,可溶性蛋白达到峰值。49 d 后,不同生长调节剂处理可溶性蛋白快速下降,CK 处理后的可溶性蛋白含量降幅较为平缓。将各种处理结果进行比较后,A2B2 处理后的可溶性蛋白含量波动最大,因此,A2B2 处理最有利于白花龙插穗生根过程中可溶性蛋白质的动态变化,其次是 A2B3 处理。

2.5 取自不同部位插穗对扦插生根的影响

经过 A2B3 处理 30 min 扦插 49 d 后,不同枝条部位对插条的生根时间、生根率、生根数和最长根长差异显著(见表 2)。其中,下部插条生根率最高,达 75.23%;生根数也最佳,多达 752.33;其次是中部,最后是上部。中下部的生根数和生根率均高于上部。

表 2 不同部位对扦插生根影响的多重分析

部位	生根时间/d	生根率/%	生根数	最长根长/cm
上部	41.44±1.53 a	25.33±0.21 c	253.33±2.08 c	4.75±0.9 2c
中部	32.33±2.08 c	49.37±0.15 b	493.67±1.52 b	7.13±0.32 a
下部	35.00±2.00 b	75.23±0.21 a	752.33±2.08 a	6.72±0.43 b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

3.1 不同质量浓度生长调节剂对白花龙插穗生根的影响

生长调节剂对白花龙扦插生根有促进作用,而不同生长调节剂及质量浓度对扦插生根效果影响差异明显。本研究发现,IBA 比水杨酸更能促进白花龙插穗生根,且在一定范围内,生根率随 IBA 溶液的质量浓度增高,生根效果越好,当质量浓度高于 1 000 mg/L 时,可能对插条产生药害作用^[10],则会抑制其生根。考虑到生产实际中节约成本和时间效率的状况,扦插前可用质量浓度为 500 mg/L IBA 处理插穗 30 min 再进行扦插。

3.2 750 mg/L IBA 处理下白花龙枝条不同取材部位对白花龙插穗生根的影响

本研究发现,扦插时中下部枝条相比较于上部枝条生根效果更好,可能是由于下部枝条对病原微生物抵抗能力比较强,同时插穗切口也不易腐烂,愈合能力较强,能有效缩短生根时间。因此,在生产实践中,可选用中下部枝条作白花龙扦插材料。

3.3 生长调节剂种类、质量浓度对白花龙插穗中可溶性糖含量的影响

可溶性糖为植物体的生长发育提供能量和代谢中间产物。本研究中,500 mg/L IBA 更有助于提高插穗中可溶性糖的含量。因此,结合本试验结果,在实际生产应用时,扦插前可用 500 mg/L IBA 处理插穗,且在扦插 14 d 后,适当增强光照,从而促进顶芽的内源激素合成,提高插穗中的可溶性糖含量;在 35—49 d,可适当增加喷水量,使可溶性糖更好地为生根代谢过程提供能量。

(下转第 10 页)

参考文献:

- [1] 向决孝亮,小野正之,手探隆久,等.酶应用手册[M].黄文涛,胡学智,译.上海:上海科学技术出版社,1989:113-121.
- [2] PINTERITS A, ARNTFIELD S D. The effect of limited proteolysis on canola protein gelation[J]. Food Chemistry, 2007, 102(4): 1337-1343.
- [3] SHABANI R, SHAHIDI S A, RAFAE A. Rheological and structural properties of enzyme-induced gelation of milk proteins by ficin and *Polyporus badius* [J]. Food Science & Nutrition, 2018, 6(2): 287-294.
- [4] SHAHIDI S, JAMILI S, MOSTAFAVI P G, et al. Assessment of the inhibitory effects of Ficin-hydrolyzed gelatin derived from Squid (*Uroteuthis duvauceli*) on breast cancer cell lines and animal model[J]. Iranian Journal of Allergy, Asthma & Immunology, 2018, 17(5): 436-452.
- [5] 郭冬青,纪付江,高 健,等.无花果蛋白酶的不同提取方法比较及酶学性质研究[J].湖北农业科学,2011,50(6): 1258-1260.
- [6] 董安华,彭 健,许英豪,等. PEG/(NH₄)₂SO₄ 双水相平衡数据的关联及木瓜蛋白酶在该体系中分配模型的建立[J].现代食品科技,2014,30(10): 194-199.
- [7] 谢 芳,唐晓珍,马 明,等.双水相法萃取生姜蛋白酶体系的建立[J].食品与发酵工业,2011,37(1): 184-188.
- [8] 冯自立,马 娜.无花果蛋白酶在 PEG/(NH₄)₂SO₄ 双水相体系中的分配行为[J].食品学,2010,31(19): 67-70.
- [9] LI Z, PEI Y, WANG H, et al. Ionic liquid-based aqueous two-phase systems and their applications in green separation processes [J]. Trends in Analytical Chemistry, 2010, 29(11): 1336-1346.
- [10] 王伟涛,张海德,蒋志国,等.离子液体双水相提取木瓜蛋白酶及条件优化[J].现代食品科技,2014,30(9): 210-216.
- [11] MOSTAFAIE A, PARVANEH S, CHALABI M, et al. Purification and study of proteolytic activity of ficin enzyme of Fig (*Ficus carica*) [J]. Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences, 2013, 20(2): 126-132.
- [12] 李雨林.无花果蛋白酶的提取分离与嫩化牛肉的效果研究[D].北京:中国农业大学,2006.
- [13] 曾 颖,朱新儒,余 垒,等.响应面法优化离子液体双水相萃取木瓜蛋白酶[J].食品研究与开发,2018,39(20): 29-34.
- [14] 陈梅梅,袁 磊,高 梅,等.离子液体双水相提取菜籽粕蛋白及其相行为的研究[J].中国粮油学报,2013,28(6): 56-61.
- [15] 施娅楠,沐剑蓉,黄子玉,等.离子液体双水相体系分离辣木叶凝乳酶[J].食品科技,2018,43(11): 240-245.

(上接第4页)

3.4 生长调节剂种类、质量浓度对白花龙插穗中可溶性蛋白质含量的影响

可溶性蛋白质是植物体可以吸收利用的主要蛋白质,为植物生长提供物质基础^[11]。本研究显示,500 mg/L IBA 处理更有利于插穗内可溶性蛋白质的代谢。因此,在实际生产应用时,扦插前可用 500 mg/L IBA 处理插穗,可在扦插后 28 d 适当增加喷水量,使可溶性蛋白被充分吸收利用。49 d 根系形成之后,对新植株适当施稀薄肥,促进扦插苗生长并提高其抗性。

综上所述,白花龙插穗生根最佳处理组合为 500 mg/L IBA+插条下部浸泡 30 min,可使白花龙扦插繁殖具有良好的经济效益。

参考文献:

- [1] HUANG S M, JAMES W. *Styracaceae*// WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China, V15 (*Styracaceae*) [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanic Garden Press, 2003: 262.
- [2] 董东平.河南安息香属植物种群特征及应用研究[J].安徽农业科学,2007,35(17): 5160-5162.
- [3] 谢宗万.全国中草药汇编:二版[M].北京:人民卫生出版社,1996.
- [4] 童丽丽,许晓岗.变温及层积处理对白花龙种子发芽的影响[J].金陵科技学院学报,2020,36(2): 74-77.
- [5] 吴永清.白花龙种子休眠特性及种苗快速繁育研究[D].广州:仲恺农业工程学院,2018.
- [6] 张玉梅.醉鱼草扦插繁殖技术及其生理生化研究[D].长沙:中南林业科技大学,2018.
- [7] 赵 翔,李清莹,姜清彬,等.不同基质和促根剂对灰木莲嫩枝扦插生根的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2): 23-30.
- [8] 丁芳芳.垂珠花繁殖技术及其自然居群遗传多样性分析[D].南京:南京林业大学,2013.
- [9] 许晓岗.垂丝海棠、楸子的扦插生根机理研究[D].南京:南京林业大学,2006.
- [10] 程家寿,周林涛,潘 健,等.外源激素对白花龙插条生根的影响[J].资源开发与市场,2011,27(6): 496-497.
- [11] 李焕勇.两种耐盐植物嫩枝扦插繁殖技术及生根生理的研究[D].北京:中国林业科学研究院,2014.