

龚 睿,沈永宝,史锋厚. 切根对豆梨容器苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):100-103.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.024

切根对豆梨容器苗生长的影响

龚 睿¹, 沈永宝^{2,3}, 史锋厚^{2,3}

(1. 南京林业大学风景园林学院, 江苏南京 210037; 2. 南京林业大学林学院/国家林业局南方林木种子检验中心, 江苏南京 210037;
3. 南方现代林业协同创新中心, 江苏南京 210037)

摘要:以豆梨为试验材料, 采用容器育苗方式, 通过切除豆梨芽苗主根 1/3、1/2、2/3 处理, 研究不同切根强度对豆梨容器苗生长状况的影响。结果表明: 切根显著缩短了豆梨容器苗主根长, 降低主根质量, 促进诱发大量侧根, 避免根系畸形。切根 1/3 处理苗木根系总干质量为 3.73 g, 根系总长 824.42 cm, 根系表面积 90.81 cm², 根系体积 7.40 cm³, 一级侧根数为 6.33 条, 均显著高于其他处理。结论: 切根 1/3 处理的豆梨容器苗生长效果最佳。

关键词: 豆梨; 容器苗; 切根; 生长

中图分类号: S723.1⁺33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0100-04

苗木切根, 又称截根、修根, 是对根系进行部分切除的技术总称, 包括芽苗切根、苗期切根和起苗后的切根 3 种类型^[1]。根系直接与土壤接触, 不断获取植物生长发育所需的水分和养分, 是植物在生态系统中生存的重要方式。苗木质量评价方式有很多, 但根系指标是其中十分重要的一个标准。苗木根系是否发达, 直接影响着移栽或造林效果^[2]。切根能抑制主根生长, 促进侧根多发, 防止根盘绕, 降低了根系的向地性, 有利于苗木对水分和养分的吸收, 从而降低了高生长, 促进茎部的粗生长, 起到蹲苗的作用, 增加苗木木质化强度, 避免容器苗根系畸形现象。

豆梨 (*Pyrus calleryana* Decne) 又名鹿梨、糖梨, 蔷薇科 (Rosaceae) 梨属 (*Pyrus*) 落叶乔木, 分布于长江流域, 喜温暖潮湿、耐干旱瘠薄。1908 年豆梨被引入美国, 并选育出一些观赏价值较高的栽培品种^[3], 其树形优美, 秋叶鲜红或橙色, 醒目诱人。豆梨在我国南方主要作梨树的砧木, 研究和开发利用较少。近些年来由于城乡绿化的需求, 对豆梨的研究也

逐渐增多, 主要集中在豆梨种质资源调查^[4-5], 品种选育^[6-7]等方面, 而对豆梨育苗技术的研究较少。本试验主要采用芽苗切根方法, 研究切根强度对豆梨苗木根系及地上部分生长的影响, 为提高豆梨苗木质量提供有效的育苗技术。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2016 年 5—12 月在江苏省南京市玄武区南京林业大学生物科技大楼楼顶苗床进行, 苗床上部覆一层遮阳网 (遮阳度 70%), 遮阳网顶部设喷雾装置, 定期喷雾。此处属于亚热带季风性湿润气候, 具有冬冷夏热、雨量充沛、光照充足、四季分明的特点。

1.2 试验材料

豆梨果实采自“贵族”品种 (*P. calleryana* ‘Aristocrat’) 母树。果实经堆沤、揉搓和水选处理, 获取种子, 阴干后置于 0~5℃ 冰箱冷藏备用; 育苗基质为菇渣和珍珠岩混合基质 (体积比 17:3), 其容重 0.62 g/cm³, pH 值 8.13, 电导率 0.99 mS/cm, 全氮、全磷、全钾含量分别为 5.31%、0.67%、1.39%。

1.3 试验方法

2016 年 3 月将豆梨种子与沙以 1:3 比例混合后置于 0~5℃ 低温层积 30 d。层积结束后将种子连同沙一起撒播于沙床上。待种子萌发展开 2 片子叶后起苗, 选择大小均匀

收稿日期: 2018-01-30

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金 [编号: CX(15)1031]; 江苏高校优势学科建设工程 (PAPD)。

作者简介: 龚 睿 (1992—), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向为园林种苗学。E-mail: 1342122527@qq.com。

通信作者: 沈永宝, 博士, 教授, 研究方向为林木种苗学。E-mail: 277385220@qq.com。

planning[J]. Journal for Nature Conservation, 2010, 18(4): 318-326.

[8] 曲春香, 沈颂东, 王雪峰, 等. 用考马斯亮蓝测定植物粗提液中可溶性蛋白质含量方法的研究[J]. 苏州大学学报 (自然科学版), 2006, 22(2): 82-85.

[9] 李合生. 现代植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 194-197.

[10] 吉增宝, 王进鑫, 李继文, 等. 不同季节干旱及复水对刺槐幼苗可溶性糖含量的影响[J]. 西北植物学报, 2009, 29(7): 1358-1363.

[11] Patterson T G, Mass D N, Brun W A. Enzymatic changes during the

senescence of field-grown wheat[J]. Crop Science, 1980, 20(1): 15-18.

[12] 段巍巍, 赵红梅, 郭程瑾, 等. 夏玉米光合特性对氮素用量的反应[J]. 作物学报, 2007, 33(6): 949-954.

[13] 崔 勤, 李新丽, 翟淑芝. 小麦叶片叶绿素含量测定的分光光度计法[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2063-2063.

[14] 马立祥, 赵 莹, 毛子军, 等. 不同氮素水平下增温及 CO₂ 升高综合作用对蒙古栎幼苗生物量及其分配的影响[J]. 植物生态学报, 2010, 34(3): 279-288.

[15] 蔡雅桥, 许德琼, 陈 松, 等. 配方施肥对钩栗生长和生理特性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(3): 33-37, 95.

的幼苗进行切根处理。豆梨芽苗主根长 6.5 cm,试验采用单因素随机区组设计,根据切根强度的不同设置 4 个水平,分别为不切根(CK)、切除主根 1/3、切除主根 1/2、切除主根 2/3。5 月 20 日将豆梨芽苗移栽至 8 cm×12 cm(口径×高)的无纺布袋中。每个处理水平种植豆梨芽苗 75 株。试验自 6 月 5 日开始首次取样,之后每月 5 日取样 1 次,每次每处理随机取样 10 株,至 12 月 5 日结束试验。

1.4 项目测定

1.4.1 形态指标测定 取样时保持根系完整,用流水将根系冲洗干净,用吸水纸吸去残余水分后待测。使用直尺和游标卡尺分别测定苗高、地径;使用根系扫描仪(EPSON PERFECTION 4990 PHOTO/J131B)对根系进行扫描,获得根系图像,然后用 WinRHIZO PRO 2007 根系分析系统对图像进行分析,获取根系总长、根系表面积、体积、一级侧根数等;使用千分之一电子天平称量苗木地上部及地下部的干、鲜质量。

1.4.2 生理指标测定 8 月中旬,取新鲜豆梨叶片,参照张宪政的方法^[8]测定叶绿素含量;采用蒽酮比色法^[9]测定可溶性糖含量;采用考马斯亮蓝法^[10]测定可溶性蛋白质含量。

1.5 数据分析

使用 Excel 2007 处理及分析制图;采用 SPSS 23.0 进行方差分析、多重比较及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 切根强度对豆梨苗生长的影响

2.1.1 切根对豆梨容器苗苗高、地径及高径比的影响 豆梨芽苗不同切根强度其容器苗苗高、地径生长量影响如表 1 所示。切根 1/3 处理豆梨苗高、地径分别为 33.43 cm、4.71 mm,比对照增加了 14.76%、14.88%,其生长量与对照及切根 2/3 处理差异显著,但与切根 1/2 处理没有显著差异。切根 2/3 处理对苗木生长影响最大,其苗高和地径分别为 26.77 cm、3.76 mm,比对照减少 8.10%、8.29%。切根与不

表 1 芽苗切根强度对豆梨容器苗生长的影响

处理	苗高 (cm)	地径 (mm)	高径比
CK	29.13±1.33bc	4.10±0.37bc	6.96±1.01a
切除主根 1/3	33.43±1.33a	4.71±0.18a	7.12±0.55a
切除主根 1/2	30.87±2.77ab	4.51±0.43ab	6.79±0.50a
切除主根 2/3	26.77±0.50c	3.76±0.13c	6.13±0.28a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

切根对苗木高径比无显著影响。

2.1.2 切根对豆梨容器苗苗木生物量的影响 根系是衡量苗木质量重要指标之一,能有效地反映根系生长发育的潜在能力。随着时间的推移,豆梨容器苗根系各部分干质量逐渐增加。前期各处理主根生长速度高于侧根,至 10 月,各种切根强度苗木的侧根干质量显著增加,生长速度高于主根。切根处理虽降低了主根干质量,但切根 1/3、1/2 处理后苗木侧根干质量显著增加,从而增加了根系总干质量。豆梨容器苗的主根质量与切根比例密切相关,凡经切根处理的苗木主根干质量均显著小于对照。切根 2/3 处理的苗木主根干质量为 0.64 g,较对照减少了 58.17%。切根虽抑制主根生长,但有利于促进侧根的发育与生长。切根 1/3 处理的苗木侧根干质量为 2.96 g,高于其他处理,是对照的 3.5 倍;该处理根系干质量达 3.73 g,较对照高出 57.38%。而切根 2/3 处理豆梨容器苗侧根和根系干质量均最小,分别为 1.56、2.20 g。由此可见,适当切除豆梨芽苗主根可以促进豆梨根系生长,切根强度过大则会对根系造成严重伤害,影响整株生长。植物根冠间存在着既相互依赖又相互竞争的功能均衡关系^[11],根系生长状况决定了地上部的生长情况。其中切根 1/3 处理培育的苗木茎部干鲜质量分别为 3.34、1.64 g,较对照分别高出 52.51%、45.13%;茎质量大小排序为切除主根 1/3>切除主根 1/2>CK>切除主根 2/3(表 2)。

表 2 切根强度对豆梨容器苗苗木质量影响的多重比较

处理	茎鲜质量 (g)	茎干质量 (g)	根系鲜质量 (g)	根系干质量 (g)	主根鲜质量 (g)	主根干质量 (g)	侧根鲜质量 (g)	侧根干质量 (g)
CK	2.19±0.36b	1.13±0.19b	5.06±0.36b	2.37±0.28b	3.15±0.95a	1.53±0.49a	1.91±0.75b	0.85±0.56b
切除主根 1/3	3.34±0.66a	1.64±0.32a	7.65±0.27a	3.73±0.19a	2.28±0.87ab	0.77±0.36b	5.37±0.87a	2.96±0.47a
切除主根 1/2	2.29±0.53b	1.16±0.28b	6.32±2.22ab	2.58±0.89b	1.48±0.65b	0.75±0.33b	4.84±2.06a	1.83±0.85ab
切除主根 2/3	1.74±0.26b	0.94±0.09b	4.85±1.01b	2.20±0.49b	1.21±0.14b	0.64±0.07b	3.63±0.96ab	1.56±0.46b

2.1.3 切根对豆梨容器苗根系形态的影响 豆梨容器苗经过一个生长季后,不同强度切根处理间根系形态差异显著(图 1)。从表 3 可知,切根 1/3 处理苗木侧根发达且集中,总根长、根表面积、根体积分别为 824.42 cm、90.81 cm²、7.40 cm³,且显著高于其他处理,较对照分别高出 57.58%、21.93%、70.90%。容器苗主根长与切根强度密切相关,其大小排序为 CK>切除主根 1/3 处理>切除主根 1/2 处理>切除主根 2/3 处理。结果表明对芽苗进行切除主根处理,会抑制主根生长。一级侧根是指直接与主根联接的侧根。其中切根 1/3 处理的苗木一级侧根数最大,为 6.33 条,显著高于对照,增幅为 137.08%;切根 1/2、2/3 处理的苗木一级侧根数较对照分别增加 74.91%、37.45%,可见对苗木主根进行切除处理,有利于刺激一级侧根的产生,使苗木根系呈须根化,

根构型更加合理,且切根处理中一级侧根数随着主根切除强度的增大而减小。

2.2 切根对豆梨容器苗生理指标的影响

2.2.1 切根对豆梨容器苗叶绿素含量的影响 不同切根处理间叶绿素 a 含量差异显著(表 4),其中切根 1/3 处理苗木叶绿素 a 含量最高,为 1.85 mg/g,比对照高 52.89%,差异显著;其次为切根 1/2 处理,叶绿素 a 含量为 1.52 mg/g,比对照高出 25.62%;而切根 2/3 处理叶绿素 a 含量最低,较对照低了 0.12 mg/g。各切根强度处理叶绿素 b 含量差异不显著,均在 0.48~0.60 mg/g 之间。叶绿素总量的变化趋势和叶绿素 a 含量的相似,切根 1/3 处理叶绿素总量为 2.42 mg/g,与其他 2 组切根处理和对照均存在显著差异,分别高出 21%、43.20%、38.29%。

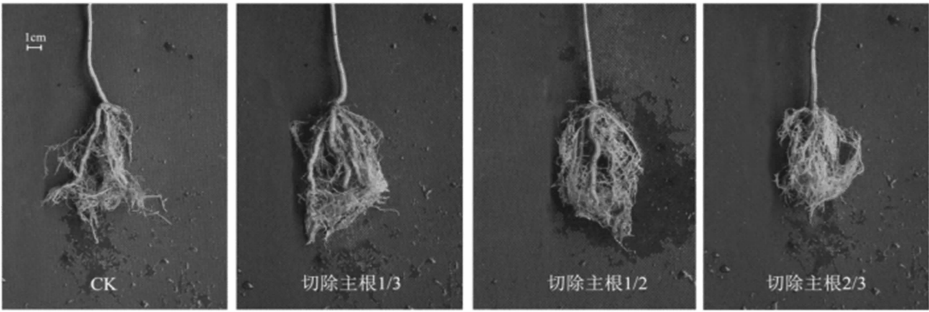


图1 切根对豆梨容器苗根系的影响

表 3 切根强度对豆梨容器苗根系形态影响的多重比较

处理	总根长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	主根长 (cm)	一级侧根数 (条)
CK	523.16 ± 43.25c	74.48 ± 4.00b	4.33 ± 0.57b	10.70 ± 0.89a	2.67 ± 1.53b
切除主根 1/3	824.42 ± 52.45a	90.81 ± 6.48a	7.40 ± 1.10a	6.17 ± 1.60b	6.33 ± 1.53a
切除主根 1/2	663.54 ± 66.69b	85.96 ± 5.85ab	5.83 ± 2.02ab	4.13 ± 1.53bc	4.67 ± 1.53ab
切除主根 2/3	608.28 ± 48.80bc	77.78 ± 8.39b	4.67 ± 1.15b	3.47 ± 0.32c	3.67 ± 1.15ab

表 4 切根强度对豆梨容器苗叶绿素含量影响的多重比较

处理	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	叶绿素总含量 (mg/g)
CK	1.21 ± 0.14bc	0.54 ± 0.13a	1.75 ± 0.12b
切除主根 1/3	1.85 ± 0.09a	0.57 ± 0.05a	2.42 ± 0.14a
切除主根 1/2	1.52 ± 0.21b	0.48 ± 0.07a	2.00 ± 0.27b
切除主根 2/3	1.09 ± 0.21c	0.60 ± 0.02a	1.69 ± 0.20b

表 5 切根强度对豆梨容器苗营养物质含量影响的多重比较

处理	可溶性糖含量 (%)	可溶性蛋白质含量 (mg/g)
CK	1.61 ± 0.28b	7.27 ± 0.33b
1/3	2.68 ± 0.34a	8.49 ± 0.39a
1/2	1.92 ± 0.12b	7.71 ± 0.50ab
2/3	1.66 ± 0.30b	7.10 ± 0.74b

2.2.2 切根对豆梨容器苗营养物质含量的影响 从表 5 可以看出,经切根处理的豆梨容器苗可溶性糖含量均高于对照,其中切根 1/3 处理和切根 1/2 处理的可溶性糖含量分别为 2.68% 和 1.92%,前者较后者高出 0.76 百分点,且两者间差异显著;切根 2/3 处理的容器苗可溶性糖含量为 1.66%,仅比对照高 0.05 百分点,与对照差异不显著。可见,切根促进可溶性糖积累,为植物生长发育提供更多能量。可溶性蛋白质不仅是一种渗透调节物质,还具有保护生物膜的作用,对植物生长至关重要。切根 1/3 处理的可溶性蛋白质含量最高,达 8.49 mg/g,较对照高出 1.22 mg/g,增幅为 16.78%;其次为切根 1/2 处理,7.71 mg/g,较对照高出 0.44 mg/g,增幅为 6.05%;切根 2/3 处理的可溶性蛋白质含量低于对照,降幅为

2.34%,但二者差异不显著。这说明适当切根处理有利于苗木营养物质的积累。

2.3 各指标相关性分析

对容器苗生长指标进行相关性分析(表 6)可以看出,各指标间存在一定的相关性。豆梨苗高与大部分指标相关性显著或极显著,地径与苗木茎质量、根系质量、根体积均有极显著的相关性。可见,根系的形态特征对地上部的生长指标有一定的影响。苗木各部分鲜质量与干质量有极显著的相关性。总根长、根表面积和根体积等根系形态指标与侧根质量、一级侧根数均显著或极显著相关,而与主根形态指标无显著相关性。结果表明,根系形态指标可用来反映苗木切根后根系的生长状况。

表 6 不同切根处理豆梨各生长指标相关性分析

指标	相关系数										
	苗高	地径	茎干质量	根系干质量	总根长	根表面积	根体积	主根干质量	主根长	侧根干质量	一级侧根数
苗高	1.000										
地径	0.790 *	1.000									
茎干质量	0.689 *	0.821 **	1.000								
根系总干质量	0.861 **	0.719 **	0.789 **	1.000							
总根长	0.602 *	0.435	0.534	0.645 *	1.000						
根表面积	0.756 **	0.594 *	0.450	0.750 **	0.743 **	1.000					
根体积	0.810 **	0.783 **	0.591 *	0.840 **	0.555	0.844 **	1.000				
主根干质量	0.100	0.032	-0.108	-0.101	-0.520	-0.276	-0.044	1.000			
主根长	0.114	-0.030	-0.017	-0.056	-0.359	-0.329	-0.169	0.858 **	1.000		
侧根干质量	0.655 *	0.572	0.699 *	0.869 **	0.787 **	0.751 **	0.709 **	-0.581 *	-0.473	1.000	
一级侧根数	0.544	0.593 *	0.719 **	0.670 *	0.646 *	0.599 *	0.598 *	-0.517	-0.384	0.806 **	1.000

3 讨论与结论

苗木质量高低直接影响造林成活率及后期生长,因此培育高质量苗木是目前林业生产的迫切要求,也是苗木培育所追求的目标^[12-13]。育苗方式对苗木质量有着显著影响^[14]。切根育苗是在幼苗移栽的过程中,切除芽苗根系的一部分,通过改变根系原有形态,促进侧根生长,有利于提高苗木对水分和养分的吸收能力。

根系在基质中的分布特征显著影响着植物获取水分和养分的能力,通过对各指标的相关性分析可知,根系生长形态指标是评价苗木健壮的重要指标。切根 1/3 处理苗木苗高、地径最大,分别为 33.43 cm、4.7 mm,切根 1/2 处理次之,而切根 2/3 处理的苗高、地径显著小于以上 2 个处理,说明切根强度适当,根部损伤较小,缓苗快,这与马跃等在芽苗切根对降香黄檀容器苗生长的影响研究中得出的结果^[15]相类似。而切根 2/3 处理可能由于切根强度过大,对主根造成严重损伤,苗木短时间内无法恢复,从而抑制地上部分的生长。切根是苗木培育过程中干扰根系最为常见的技术^[16],根系的生长发育状况与地上部的生长息息相关,是容器苗健壮度评价的重要指标。苗木质量的好坏很大程度上取决于根系,理想的根系并不要求过长的主根,而是应具有许多纤维状根系^[17],试验结果表明经切根处理的苗木主根长均显著小于对照。切根处理能显著缩短主根长度从而促进侧根生长,增加一级侧根数量。研究显示不同处理的一级侧根数存在显著性差异,切根 1/3 处理苗木的一级侧根数为 6.33 条,显著高于对照,一级侧根数与主根切除强度有关,随主根切除强度的增大而有所减少,这与杨喜田等对不同切根处理对林木幼苗根系侧根生长的影响研究结果^[18]一致。

赵永丰等研究认为切根处理虽显著缩短了主根长度,但有利于促进侧根生长,提高一级侧根数量和根系总鲜质量,从而增加苗木对土壤养分吸收的能力,进一步促进苗木地径生长和地上部鲜质量^[19]。本研究结果表明,切根 1/3 处理和切根 1/2 处理苗木质量均高于对照,切根 2/3 处理则低于对照,说明切根强度过大会对豆梨容器苗生长造成负影响。不同切根强度对于不同树种生长的影响不同,郭丽丽认为切除南京椴主根 2/3 效果最佳,根系发达无盘根现象^[20];何应会等通过江南油杉切根移栽试验发现芽苗切根 1/2 移栽更有利于江南油杉容器苗的生长和根系质量改善,大量分叉根的形成,使苗木根系呈须根化,跟构型更合理^[21];毛齐正则认为适当比例的切根(切根 1/3)能增加侧柏幼苗地上部、地下部生物量及侧根数量^[22]。本试验结果表明,切根 1/3 处理培育的豆梨容器苗优势最显著,切根 1/2 处理其次,切根 2/3 处理效果最差。

豆梨芽苗切根 1/3 处理效果最佳。试验中豆梨芽苗移栽时胚根长度为 6.5 cm 左右,因此芽苗切根长度 2.2 cm 为宜。就根系指标而言,与不切根处理(CK)相比,切根处理主根长缩短 42.34%~67.57%,总根长增加 16.27%~55.86%,根表面积增加 4.43%~21.93%,一级侧根数增加 37.45%~137.08%。苗木切根处理能够抑制苗木后期的过度生长,促进形成纤维状根系,提高干旱条件下造林成活率和生长,而且

投入低微,是一项有效的育苗措施。

参考文献:

- [1] 李国雷,刘勇,祝燕. 苗木切根技术研究进展[J]. 林业科学,2011,47(9):140-147.
- [2] Harmer R, Walder K E. The growth of shoots and lateral roots of *Quercus robur* L. seedlings following simulated undercutting[J]. New Forest, 1994, 8(4):351-362.
- [3] 尹燕雷,苑兆和,张艳芳. 美国的观赏梨品种[J]. 观赏果树, 2006, 38(2):49-50.
- [4] 蒋学莉,史锋厚,沈永宝,等. 豆梨资源的保护与开发利用[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):162-165.
- [5] 蒋学莉,史锋厚,李新芝,等. 不同豆梨品种花期特征评析[J]. 北方园艺,2015(7):23-26.
- [6] 白玉,相龙琴. 观赏梨新品种‘克里弗兰’选育[J]. 山东林业科技,2014(4):51.
- [7] Santamour F S, 杨克钦. 用过氧化物同工酶谱型鉴定豆梨品种[J]. 烟台果树,1983(2):41-44.
- [8] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学,1986(3):26-28.
- [9] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [10] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [11] 王树声,李春俭,梁晓芳. 施氮水平对烤烟根冠平衡及氮素积累与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):935-939.
- [12] 韦剑锋,韦冬萍,胡桂娟,等. 不同施肥对麻风树苗木生长及养分状况的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(22):129-132.
- [13] 余萍,马杰,余治家,等. ABA、PP₃₃₃ 和 GA 对美国红叶樱花苗木生长的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):128-130.
- [14] 陈斌. 林业苗木质量评定与控制方法探讨[J]. 四川林业科技,2004,25(2):78-80.
- [15] 马跃,刘志龙,贾宏炎,等. 芽苗切根对降香黄檀容器苗生长的影响[J]. 林业科技通讯,2016(3):35-37.
- [16] Riley L E, Steinfeld D. Effects of bare root nursery practices on tree seedling root development: an evolution of cultural practices at J. Herbert Stone nursery[J]. New Forests, 2005, 32(2/3):107-126.
- [17] 沈永宝,高红芽. 关于苗木质量问题的一些思考[J]. 林业科技开发,2005,19(2):6-9.
- [18] 杨喜田,王广磊,赵宁,等. 不同切根处理对林木幼苗根系侧根生长的影响[J]. 河南农业大学学报,2010,44(2):155-159.
- [19] 赵永丰,许国云,苏智良,等. 黄樟切根移袋育苗对比实验[J]. 西部林业科学,2007,36(1):103-105.
- [20] 郭丽丽. 芽苗切根对南京椴幼苗根构型的影响[D]. 南京:南京林业大学,2012.
- [21] 何应会,蒋赟,刘菲,等. 江南油杉切根移栽根系参数及其与生长的关系[J]. 中南林业科技大学学报,2016,36(7):12-16.
- [22] 毛齐正. 切根对侧柏根构型的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2008.