



欧泳欣, 翁殊斐, 冯嘉仪, 等. 华南地区 5 种园林树木修剪截口愈合特性[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(2): 106-111.

华南地区 5 种园林树木修剪截口愈合特性

欧泳欣, 翁殊斐, 冯嘉仪, 李碧洳

(华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】研究华南地区园林树木修剪截口在修剪 2 年内的愈合进程,探究修剪截口愈合特性,为园林树木修剪提供理论依据。【方法】于 2013 年 12 月对 5 种园林树木 3 种规格的 450 个枝条进行修剪试验,修剪后每 3 个月跟踪测量修剪截口的愈合进程,分析树种特性、截口规格以及季节变化等因素在截口愈合反应中的表现差异。【结果】白兰 *Michelia alba* 和芒果 *Mangifera indica* 截口愈合速度较快,修剪 2 年后愈合率分别达 94.80% 和 92.38%,且在截口直径 20 ~ <30 mm 和 30 ~ <40 mm 的规格水平下愈合速度较快;蒲桃 *Syzygium jambos*、洋紫荆 *Bauhinia variegata*、黄葛榕 *Ficus virens* 截口愈合速度较慢,修剪 2 年后愈合率分别为 82.23%、64.95% 和 70.99%,且在 10 ~ <20 mm 规格下愈合速度较快;截口愈合进程总体表现为第 1 年由修剪初始到 3 月增长缓慢,3—6 月增长加速,6—9 月增长最快,9—12 月增长减缓,与树木年生长物候相一致;第 2 年愈合速度减慢。【结论】修剪规格对截口愈合的影响因树种而异,截口愈合速度与树木生长速度有紧密联系。

关键词:园林树木; 修剪; 截口直径; 愈合率; 愈合生长量
中图分类号:Q945.39 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2017)02-0106-06

Closure characteristics in pruning wounds of five species of landscape trees in South China

OU Yongxin, WENG Shufei, FENG Jiayi, LI Biru

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】Closing process of landscape trees in South China was studied in two years after pruning, in order to explore the closure mechanism of pruning wounds, and provide a theoretical basis for landscape tree pruning practice. 【Method】Branches in three sizes from five species of landscape trees were trimmed in December 2013. Measurements of the wound closing process were taken every three months from December 2014 to December 2015. Differences in wound closure abilities caused by species characteristics, wound sizes and seasonal changes were analyzed. 【Result】The wound closure rates of *Michelia alba* and *Mangifera indica* were relatively higher (94.80% and 92.38%) compared to other species, and the wounds of 20 – <30 mm and 30 – <40 mm diameters closed faster compared to 10 – <20 mm wounds. The wound closure rates of *Syzygium jambos*, *Bauhinia variegata* and *Ficus virens* were relatively lower (82.23%, 64.95% and 70.99%), and the wounds of 10 – <20 mm diameter closed faster. The wound closure process was generally slow from the time of pruning to March, accelerated from March to June, was the fastest from June to September, and slowed down from September to December in the first year, which was consistent with the changes in tree growth rates during annual growth periods. The wound closure process was slow in the second year. 【Conclusion】Wound size influences wound closure

rate differentially among species. Wound closure rate is closely associated with the tree growth rate.

Key words: landscape tree; pruning diameter; wound closure; closure rate; closure area

园林树木修剪作为技术性很强的一项养护措施,不仅可以调节植物生长和开花结实,还能提升树木整体健康和安全性。但修剪截口将原本相对封闭的内部组织暴露于外界环境当中,增加了病虫害侵染导致枝干腐烂的机会。然而,树木具有良好的自愈机制。一方面,树体对腐烂的区隔效应^[1]以及枝基保护带^[2]对病菌有一定的阻隔作用;另一方面,树木在截口形成层产生愈伤组织,分裂产生新的韧皮部和木质部,形成愈伤木^[3]包裹截口,隔绝病虫害入侵。这种自愈机制在南亚热带树种上的适用性和表现,及其规律性尚待进一步的探讨。

我国在果树修剪与树体内部营养物质的分配和生理变化^[4-6],以及修剪对改善木材质量的作用、用材树种修剪截口愈合^[7-9]等方面有一些研究,而在园林树木修剪方面,主要是一些实践经验的总结和修剪规范的制定^[10-11]。国外研究涉及到不同树种、修剪类型及直径的截口产生后树木内部结构对腐烂的抵御能力^[2, 12-13]、伤口的愈合能力^[2, 14-16]以及树木的生理变化^[17-19]等,而这些研究主要针对温带树种,较少涉及热带亚热带树种。本研究选择华南地区最常用的 5 种园林树木,通过观察和测量园林树木的 3 类截口直径的愈合进程,获知不同树种的截口愈合速度,探究修剪截口的愈合规律,为城市园林树木修剪技术规范的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验处理

选择华南农业大学校园绿地中片植或列植的洋紫荆 *Bauhinia variegata*、黄葛榕 *Ficus virens*、芒果 *Mangifera indica*、白兰 *Michelia alba* 和蒲桃 *Syzygium jambos* 5 种华南地区各类园林绿地中使用频率较高的、常用作行道树因而需要经常修剪的园林树木进行试验。每个树种选取生长环境和养护管理水平一致、胸径和冠幅大小相近的 30 株树木于 2013 年 12 月进行修枝试验。每株在距地面 1.8 ~ 2.5 m 处选择直径为 S(10 ~ <20 mm)、M(20 ~ <30 mm)和 L(30 ~ <40 mm)的一级(或二级)主枝各 1 个,用自然目标修剪法在枝领外沿锯除枝条^[20],按规格 $S_1 \sim S_{30}$, $M_1 \sim M_{30}$, $L_1 \sim L_{30}$ 对截口进行编号,5 个树种共 450 个枝条。

1.2 愈合指标测定

2013 年 12 月—2015 年 12 月每 3 个月观察、拍照和测量 1 次,将附比例尺拍摄的截口照片(共

3 600 张)导入 Auto CAD 2008 中,测算以下指标:截口面积(mm^2)为修剪初始截口暴露木质部的面积;愈合生长量(mm^2)为截口生成愈伤木的面积;愈合率(%)为截口生成愈伤木的面积与截口面积的百分率。计算公式如下:

愈合率 = 愈合生长量 / 截口面积 $\times 100\%$,

完全闭合的截口数为愈合率为 100% 的截口数;无愈合反应的截口数为无愈伤木产生的截口数,即愈合率为 0 的截口数。

1.3 数据处理

采用 SAS 9.2 分析软件对数据进行方差分析、Duncan's 多重比较和 Spearman 回归分析。方差分析前对数据进行正态分布检验,根据需要对数据做合理转换,对愈合率指标进行反正弦转换($\sin^{-1}\sqrt{P}$),对愈合生长量指标做对数转换。以 Origin 8.5 制图,图表中数据结果均为平均值 $\pm$ 标准误。

2 结果与分析

2.1 不同园林树种截口愈合分析

愈合率和完全闭合的截口数反映截口的愈合速度,愈合生长量反映愈伤木生长速度。对 2015 年 12 月即 2 年后各指标进行比较(表 1),结果显示,白兰和芒果愈合速度最快,表现为愈合率显著高于其他树种($P < 0.05$),分别有 80.00% 和 78.89% 的截口已完全闭合;蒲桃愈合速度次之,36.67% 的截口完全闭合;洋紫荆和黄葛榕愈合速度最慢,仅 25.56% 的截口完全闭合。

无愈合反应的截口数反映截口形成层的响应能力,无愈合反应的截口数越少,则响应能力越强。结果显示,白兰和黄葛榕响应能力最强,98.89% 的截口发生愈合反应;芒果和蒲桃响应能力中等;洋紫荆响应能力最弱,6.67% 的截口 2 年后仍无愈合反应。

2.2 不同规格的修剪截口愈合分析

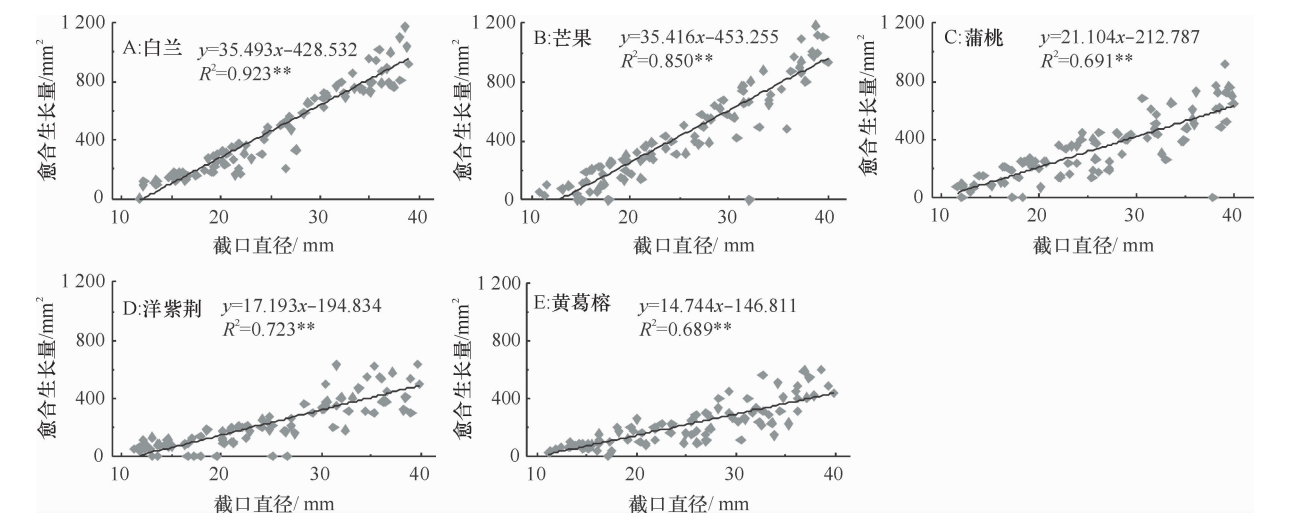
3 种规格截口愈合生长量的差异在 5 个树种中表现一致,即修剪 2 年后,L 规格截口愈合生长量极显著大于 M 规格($P < 0.01$),M 规格极显著大于 S 规格,表明修剪截口产生愈伤木的量随规格增大而增大,且愈合速度越快的树种如白兰,其 S 规格、M 规格和 L 规格截口 2 年后平均愈合生长量分别为 221.23、453.27、910.03 mm^2 ,各规格愈合生长量的差异更大。

由图 1 可知,1 年后,5 个园林树种截口直径与愈合生长量均呈极显著正相关,表明截口直径越大,截口产生愈伤木的速度越快。截口直径和愈合生长量回归方程的斜率排序为白兰 > 芒果 > 蒲桃 > 洋紫荆 > 黄葛榕。5 个树种斜率大小排序与愈合率排序(表 1)一致。且白兰和芒果斜率分别为 35.493 和 35.416,明显大于后 3 个树种,说明随直径的增大,白兰和芒果愈合生长量的增幅更大。

表 1 不同园林树种修剪 2 年后截口愈合情况¹⁾
Tab.1 Wound closure of five tree species after two years of pruning

树种	胸径/cm	愈合率/%	愈合生长量/mm ²	CCN	ICN	NRN
白兰	10.18 ~ 15.21	94.80 ± 0.84Aa	528.18 ± 39.85Aa	72	17	1
芒果	11.47 ~ 16.88	92.38 ± 0.76Aa	543.80 ± 43.76Aa	71	15	4
蒲桃	9.90 ~ 16.68	82.23 ± 1.88ABb	488.27 ± 39.05Aa	33	53	4
洋紫荆	9.48 ~ 16.81	64.95 ± 2.64Bc	321.06 ± 32.16Bb	23	61	6
黄葛榕	12.19 ~ 19.68	70.99 ± 2.59Bbc	347.49 ± 32.21Bb	23	66	1

1) 同列数据后凡具有一个相同小、大写字母者,分别表示不同树种间差异未达 0.05、0.01 的显著水平(Duncan's 法);CCN 为完全闭合的截口数,ICN 为有愈合反应但未完全闭合的截口数,NRN 为无愈合反应的截口数。



** 表示达 0.01 水平的极显著相关(Spearman 法)。

图 1 修剪 1 年后 5 个树种截口直径与愈合生长量相关分析

Fig.1 Regression analysis between wound diameter and closure area of five tree species one year after pruning

3 种规格截口愈合率的差异在 5 个树种中有不同表现(表 2):对于白兰和芒果,M、L 规格截口的愈合率 1 年后极显著高于 S 规格,2 年后均达 90% 以上,表明白兰和芒果较大规格截口愈合速度更快;而蒲桃、洋紫荆和黄葛榕 L 规格截口的愈合率始终极显著低于 S 规格,表明这 3 个树种较小规格截口愈合速度较快。

表 2 修剪 1 年和 2 年后 5 个树种 3 种规格的截口愈合率分析

Table 2 Closure ratio of wounds with three different sizes in five tree species one year and two years after pruning

树种	2014-12 的愈合率/%			2015-12 的愈合率/%		
	S	M	L	S	M	L
白兰	74.54 ± 3.80Bb	90.47 ± 2.10Aa	87.66 ± 2.51Aa	92.67 ± 1.86Ab	96.52 ± 1.01Aa	95.21 ± 1.39Aa
芒果	64.65 ± 7.01Bb	86.89 ± 3.09Aa	83.29 ± 3.54Aa	86.96 ± 0.84Bb	96.65 ± 1.33Aa	93.52 ± 1.80Aa
蒲桃	66.98 ± 4.13Aa	59.63 ± 5.61ABab	53.29 ± 2.36Bb	86.95 ± 2.10Aa	80.31 ± 4.08Bb	79.42 ± 2.15Bb
洋紫荆	47.38 ± 3.53Aa	42.89 ± 3.82Bb	41.68 ± 3.58Bb	69.38 ± 4.34Aa	63.03 ± 5.23Bb	62.44 ± 3.44Bb
黄葛榕	48.65 ± 2.53Aa	38.75 ± 2.66Bb	36.61 ± 2.56Bb	80.70 ± 2.77Aa	71.93 ± 4.17Aa	60.34 ± 4.69Bb

1) 同一树种相同时间同行数据后凡具有一个相同小、大写字母者,分别表示不同截口规格间差异未达 0.05、0.01 的显著水平(Duncan's 法);S、M、L 分别表示直径为 10 ~ <20、20 ~ <30、30 ~ <40 mm 的截口。

修剪2年后,在S、M和L这3种规格各150个截口中,完全闭合的切口数分别为93、73和58个,无愈合反应的切口数分别为12、2和2个。总的来说,S规格切口面积较小,完全闭合需时较短,但同时较多切口无愈合反应,即响应能力较弱;L规格切口面积较大,完全闭合所需要的时间更长,但响应能力较强。

2.3 愈合速度随季节变化规律的分析

修剪后第1年,切口的愈合速度受季节变化的影响较明显,随季节变化的规律也基本呈一致的趋势(图2、图3):修剪后至2014年3月,切口愈合缓慢,愈合生长量较小且增长缓慢;3—6月愈合速度加快,愈合生长量的增长速度加快;6—9月愈合速度最快,各树种、各规格切口愈合生长量较上一季度有显著提高($P<0.05$),增速达第1年中的最大值,且愈合生长量及其增速随规格增大而增大(图3),开始有6.67%的切口完全闭合;9—12月愈合速度减慢,愈合生长量增长速度较上一季度明显下降,8.67%

的切口已完全闭合。

修剪后第2年,树木结束冬季生长缓慢的状态进入下1个年生长周期,各季度愈合速度均较第1年明显下降,随季节变化的规律也没有第1年明显(图2、图3),且规格越小,切口愈合生长量的增长速度越早出现下降的趋势。其中,蒲桃L规格切口、洋紫荆M、L规格切口和黄葛榕M、L规格的愈合生长量增长速度随季节的变化规律仍与第1年一致。截至3月、6月、9月和12月,完全闭合的切口数分别占切口总数的18.22%、29.33%、42.89%和49.78%。

综上所述,切口愈合速度与各季节中树木的生长速度有紧密联系。切口愈合进程在年生长周期中总体表现出由慢到加速到最快再到放缓的过程,与树木年生长周期中生长速度的变化基本呈一致的趋势;另外,切口愈伤木生长速度有逐年下降的趋势。

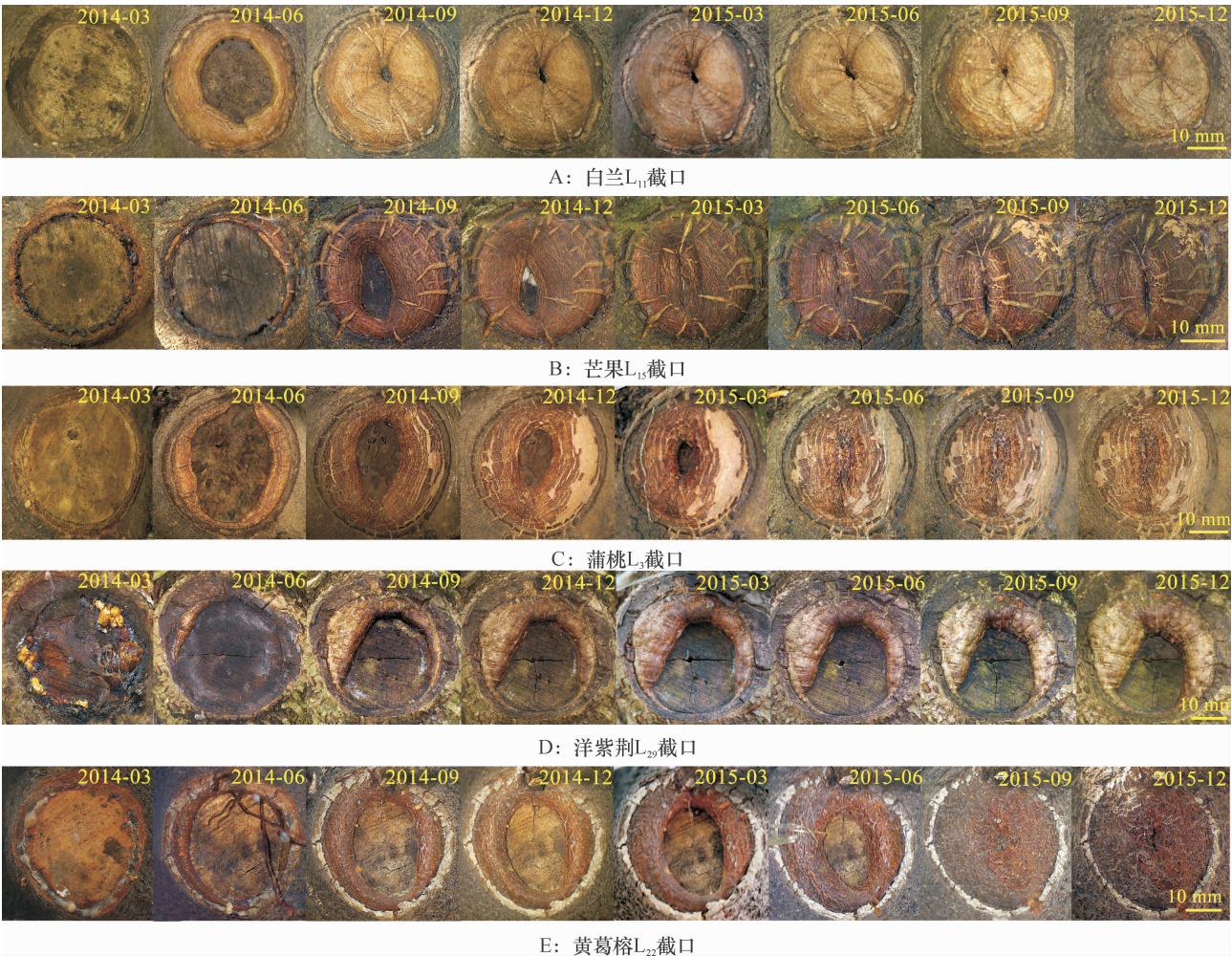
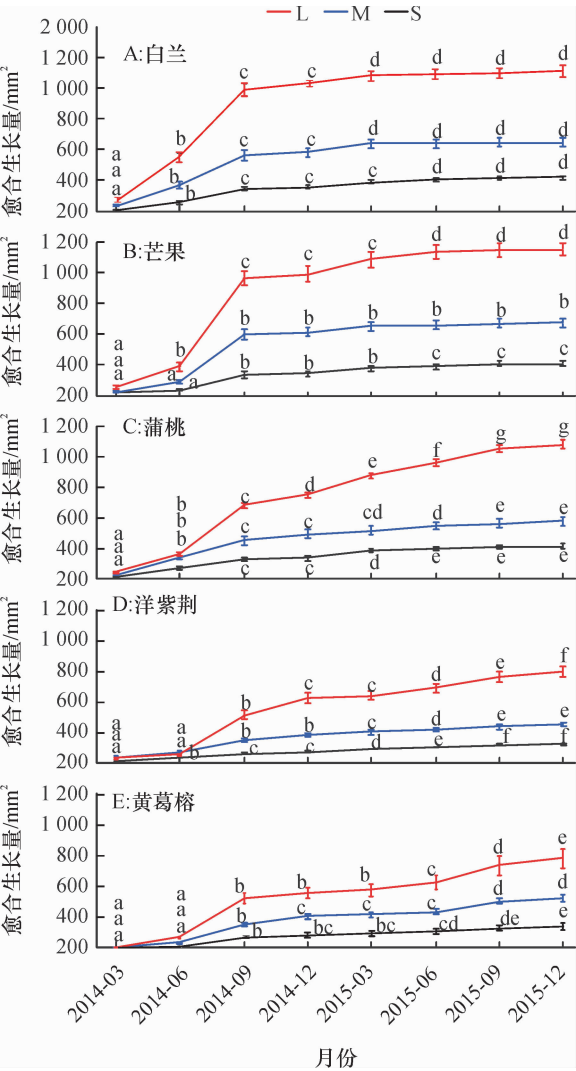


图2 修剪2年内5个树种L规格切口愈合进程

Fig. 2 Closing process of 30 to 40 mm size wounds for five tree species during two years after pruning



同一折线上凡具有一个相同小写字母者,表示不同月份间差异不显著 ($P>0.05$, Duncan's 法)。

图 3 修剪后 2 年内 5 个树种各规格截口愈合生长量
Fig.3 Closure area of wounds with different sizes for five tree species during two years after pruning

3 讨论与结论

3.1 截口愈合程度的测定

试验率先通过描图法,较精确地测算截口生成愈伤木的面积,以生成愈伤木的面积与截口总面积之比计算出愈合率,反映截口愈合程度。前人的研究主要通过伤口暴露木质部的宽度或生成愈伤木的宽度^[8-9, 15]计算愈合程度;也有通过截口长度和宽度计算椭圆形截口面积^[14]。然而,试验中发现截口两侧愈合速度比上下方向快,也有研究表明,树干伤口也是两侧愈合速度较快^[14],因此推测这与枝干结构、营养运输方向和激素的种类及其分布有关;个别截口上、下两侧形成层无愈合反应,这与不同树种枝条与主干连接处的结构差异有关^[2],使用前人测定方法难以准确体现截口愈合程度。二维数量指标(愈

<http://xuebao.scau.edu.cn>

合生长量/ mm^2)相对于一维指标(宽度/ mm)更能准确反映截口愈合程度。描图法也避免了截口形状不规则、测量位置的差异带来的误差,但拍摄和测算工作量较大。

3.2 树种特性对截口愈合的影响

截口愈合与树种起源、生长速度和物候表现等树种特性有密切的关系。年轮越宽的树种截口愈合速度越快^[16]。试验中,白兰和芒果为热带速生树种,愈合速度较快,因此实践中更能适应较短的修剪周期和较大规格的修枝强度。这与实践中一些原产热带、生长速度快的园林树种,如非洲楝 *Khaya senegalensis* 能适应更大强度的修剪相符合;洋紫荆和黄葛榕为亚热带半落叶和落叶树种,愈合速度较慢;而一些温带树种,大部分 50 mm 以上的截口修剪 10 年后仍未能完全闭合^[2],明显较本试验中 5 个树种愈合速度慢。由此推测,热带树种修剪截口的愈合速度相比温带树种更快。试验还发现,修剪后芒果、洋紫荆和黄葛榕部分截口分泌胶质或乳状汁液,这种现象对愈伤木产生的影响可在日后的试验中进一步研究。

3.3 修剪规格对截口愈合的影响

修剪规格对截口愈合的影响因树种而异,不同树种各自在一定范围的规格水平下愈合速度最快。前人研究表明,一些温带树种截口规格大于 50 mm 会明显影响愈合速度^[2];I-69 杨 *Populus deltoides* 和欧美 107 杨 *P. × euramericana* 在枝条分别达 40 mm 和 30 mm 之前疏除,截口能较好地愈合^[9];托里桉 *Eucalyptus torrelliana* 大于 25 mm 的截口比小于 25 mm 的截口愈合速度更快^[7]。试验中,白兰和芒果 20 ~ <30 mm 截口的愈合速度比 10 ~ <20 mm 的快,而蒲桃、洋紫荆和黄葛榕 10 ~ <20 mm 截口的愈合速度相对最快。

3.4 季节和年生长周期对截口愈合的影响

截口愈合速度的变化与树木年生长周期中生长速度的变化规律基本一致。截口愈合速度基本上取决于所在枝条的生长速度^[15],且延缓生长的植物生长调节剂能同时降低某些树种植株生长和截口愈合的速度^[14]。冬季生物处于休眠或者生长相对缓慢的阶段,故冬季修剪不仅减少截口腐烂的机会,而且截口愈伤木能在春夏季快速生长,从而达到较好的愈合效果,并在下一个冬季愈合速度减慢前有更充足的时间闭合截口。因此,每年冬季对城市园林绿地进行大枝修剪和清园的养护管理措施,符合树种自然生长和截口愈合的规律。

修剪后第 1 年愈合速度最快,第 2 年愈合速度

明显下降。这一结果与张群^[8]对杉木的修剪研究相一致,其研究显示,杉木 *Cunninghamia lanceolata* 20 mm 左右的截口,5年后缩小至10 mm 左右,且前2年愈合速度较快,第2年后愈合速度逐渐下降。试验中,白兰和芒果大部分直径小于40 mm 的截口能在2年内完全闭合。因此,较高强度的城市园林树木修剪工作宜每隔2~3年进行1次,避免修剪间隔时间太长,从而产生过大面积的截口,导致愈合时间延长,加大树木遭受病虫害侵染的机会。

参考文献:

[1] SHIGO A L. Compartmentalization of decay in trees[J]. *Sci Am*, 1985, 252(4):96-103.

[2] DUJESIEFKEN D, STOBBE H. The hamburg tree pruning system: A framework for pruning of individual trees[J]. *Urban For Urban Gree*, 2002, 1(2):75-82.

[3] 胡兵,邵卓平. 树洞周边愈合木与正常木的化学组成及物理力学特性的比较[J]. *东北林业大学学报*, 2013,41(10):86-90.

[4] 艾沙江·买买提,梅闯,张校立,等. 短截对富士苹果萌芽前后枝条不同部位碳氮营养的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(8):140-146.

[5] 吴媛琳,王世军,张社奇,等. 修剪对苹果枝(梢)皮层总黄酮含量的影响[J]. *西北林学院学报*, 2013,28(6):103-107.

[6] 张乃文,董彩霞,徐阳春. 梨树修剪枝和果实从树体移走的养分研究[J]. *南京农业大学学报*, 2013,36(4):37-42.

[7] 刘球,李志辉,陈少雄,等. 托里桉修枝伤口愈合研究[J]. *西北林学院学报*, 2010, 25(4):92-96.

[8] 张群. 人工修枝对提高杉木木材质量影响的研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2011.

[9] 马永春. 杨树人工林修枝机理及修枝技术体系的研究[D]. 南京:南京林业大学, 2012.

[10] 北京市园林绿化局. 北京市地方标准:行道树修剪规范:DB11/T 839—2011[S]. 北京:北京市质量技术监督

督局,2013-12-23.

[11] 广东省林业厅. 广东省地方标准:木本园林植物修剪技术规范:DB44/T 1784—2015[S]. 广州:广东省质量技术监督局,2015-12-23.

[12] DEFJORIO G, BARRY K M, JOHNSON C, et al. The influence of wound location on decay extent in plantation-grown *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* [J]. *Forest Ecol Manag*, 2007, 242(2):353-362.

[13] OW L F, GHOSH S, SIM E K. Mechanical injury and occlusion: An urban tropical perspective[J]. *Urban For Urban Gree*, 2013, 12(2):255-261.

[14] BAI S, CHANEY W R, QI Y. Wound closure in trees affected by paclobutrazol[J]. *J Arboric*, 2005, 31(6):273-279.

[15] DUJESIEFKEN D, LIESE W, SHORTLE W, et al. Response of beech and oaks to wounds made at different times of the year[J]. *Eur J Forest Res*, 2005, 124(2):113-117.

[16] O'HARA K L. Pruning wounds and occlusion: A long-standing conundrum in forestry[J]. *J Forest*, 2007, 105(3):131-138.

[17] FINI A, FRANGI P, FAORO M, et al. Effects of different pruning methods on an urban tree species: A four-year-experiment scaling down from the whole tree to the chloroplasts[J]. *Urban For Urban Gree*, 2015, 14(3):664-674.

[18] MAURIN V, DESROCHERS A. Physiological and growth responses to pruning season and intensity of hybrid poplar[J]. *Forest Ecol Manag*, 2013, 304(4):399-406.

[19] OLESEN T, MENSEL C M, MCCONCHIE C A, et al. Pruning to control tree size, flowering and production of litchi[J]. *Sci Hortic*, 2013, 156(3):93-98.

[20] CLARK J R, MATHENY N. The research foundation to tree pruning: A review of the literature[J]. *Arboric Urban For*, 2010, 36(3):110-120.

【责任编辑 庄 延】