

模拟机械修剪方式对桂味荔枝树体生长及坐果的影响

王 静, 黄欣欣, 郭栋梁, 黄石连, 韩冬梅, 李建光*

(广东省农业科学院果树研究所·农业农村部亚热带果树生物学与遗传资源利用重点实验室·
广东省热带亚热带果树研究重点实验室, 广州 510640)

摘要:【目的】探索桂味荔枝的机械化修剪模式。【方法】以桂味荔枝为材料, 在花期和采果后, 分别采用回缩修剪方式, 包括单边篱壁形修剪、平头形修剪、整树梯形修剪、轮枝修剪和正常修剪, 比较不同修剪方式对桂味荔枝枝梢和叶片生长以及坐果的影响。【结果】不同修剪方式, 抽发枝梢次数和枝梢生长量有所不同, 对树体的产量影响不同。一般花期修剪影响桂味荔枝坐果, 平头形修剪和梯形修剪严重减产, 但单边篱壁形修剪处理不影响当年同株未修剪侧的挂果且翌年产量高, 当年12月树冠冠幅显著缩减。轮枝修剪处理抽生枝条数目和枝条生长速率均高于其他处理, 不适宜机械化修剪方式。单边篱壁形修剪处理后5—6月抽生枝梢生长速率和叶片叶绿素含量与平头形修剪处理和正常修剪无显著差别。叶片是树体制造养分的重要器官, 单边篱壁形修剪处理抽生老熟新梢上成熟叶的淀粉和可溶性总糖含量高, 有利于坐果。与采果后单边篱壁形修剪处理相比, 采果后平头形修剪处理的抽生枝梢在11月中旬能适时老熟, 产量高。【结论】花期回缩修剪, 采取单边篱壁形修剪方式最佳; 采果后回缩修剪, 可采取平头形修剪方式, 提高修剪效率, 不影响产量, 实现桂味荔枝的机械化修剪。

关键词:荔枝; 模拟机械修剪; 新梢生长; 坐果; 产量

中图分类号: S667.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2022)08-1450-09

Effects of simulated mechanical pruning models on shoot growth and fruit setting of Guiwei litchi

WANG Jing, HUANG Xinxin, GUO Dongliang, HUANG Shilian, HAN Dongmei, LI Jianguang*

(Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/ Guangdong Provincial Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fruit Tree Research, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

Abstract: 【Objective】 In order to develop an alternative pruning practice to replace the expensive, labor-intensive manual pruning, the optimal mechanical pruning models of *Litchi chinensis* cv. Guiwei were explored. 【Methods】 Guiwei trees grown in Longan Germplasm Resource Nursery in Guangdong Province were selected as materials with a single tree as one replicate. The trees were pruned in two different seasons and with four retraction pruning models. The prunings were carried out at flowering stage in March and post-harvest stage in mid-July. The four retraction pruning models included hedging one side of canopy (HP), hedging the top of the canopy (TP), hedging the top and two sides of the canopy (HTP), alternate branch pruning (ABP). The traditional pruning was used as control (CK). The branch diameter at pruning edge was less than 2 cm in HP, TP and HTP. Each treatment had three replicates. The effects of mechanical pruning methods on shoot growth and leaf quality in the current year, and yield in two successive years were compared. 【Results】 These pruning models resulted in different shoot growth, leaf development and fruit setting. The HP treatment was carried out at the flowering stage, and biological response was investigated. The canopy width decreased significantly by 67.0-98.0 cm in December, and the yield in the current year was 50% lower than that of the CK, the yield in the next

收稿日期: 2021-11-22 接受日期: 2022-04-01

基金项目: 广东省荔枝产业农机农艺融合技术与装备研发(403-2018-XMZC-0002-90)

作者简介: 王静, 女, 助理研究员, 博士, 研究方向为果树栽培及种质资源评价。Tel: 13903012752, E-mail: wangjing@gdaas.cn

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13602724254, E-mail: lijianguang@gdaas.cn

year was not different from that of the CK. In December, the canopy height of the TP treatment made at the flowering stage was decreased by 30.0-54.0 cm, similar to the canopy reduction of the TP treatment post harvest, resulting in a significant yield reduction in the current year. The yield of the ABP treatment at the flowering stage was stable in the current year and the next year, but both were lower than that of the CK. In the pruning experiment at flowering stage, the growth rate of sprouted shoots from pruning edge during the period of May to June was lower than those from July to October in autumn. From May to June, the growth rate of shoots in the TP and HP treatment were significantly lower than that of the ABP treatment. The branch diameter at pruning edge of the ABP treatment was larger than those of the TP and HP, and had much more numbers of sprouted shoots and faster growth rate of shoots. This result indicated that the ABP treatment was not suitable for mechanized pruning because of the additional thinning work. From May to June, the HP and TP treatment had no significant effect on the chlorophyll content of the top leaves of sprouted shoots. The Top leaves of the ABP treatment had the lowest chlorophyll content, while the HTP treatment significantly increased the maximum chlorophyll content of the top leaves compared with the CK. Among the four treatments, the HTP showed the lowest dry matter and total soluble sugar content in mature leaves of the sprouted shoots. This suggested that the consumption of nutrients of the HTP was large. The starch content in mature leaves of the sprouted shoots from trees treated with HP was the highest, the total soluble sugar content was higher. The starch and dry matter of top leaves on sprouted shoots of the TP treatment were significantly higher than those of the other treatments, and shoots of the TP treatment grew vigorously, which was disadvantageous for fruit setting. Pruning at flowering stage might affect the fruit development of Guiwei litchi. Severe fruit drop, slow fruit development and fruit with larger seed were observed in the trees treated with TP. The HP treatment did not affect the fruit setting on the unpruned side of the same tree. Other pruning models did not affect fruit quality and development. Regarding to post harvest pruning, the shoot growth rate of the TP was faster than that of the HP. The branches of the TP could mature timely in early November and the yield was higher in the next year. 【Conclusion】 The HP treatment at flowering stage was the optimal retraction pruning mode for the litchi cultivar Guiwei since the treatment neither inhibited the fruit bearing on the unpruned side in the current year, nor promoted the expansion of litchi canopy. The TP treatment would be the suitable retraction pruning model after harvest because this could improve pruning efficiency and save a lot of labor.

Key words: Litchi; Simulated mechanical pruning; Shoot growth; Fruit setting; Yield

果树树冠的管理涉及开发和维持与果树最大生产力和果实质量相关的树形。树势、光和温湿度是影响果树产量和果实品质的重要因素。树冠管理的难点是如何最好地控制树势,有效地利用光照,提高果实产量和品质;方便农事操作,以获得最大的生产力和最佳质量,形成理想树冠造型。荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)属于常绿果树,营养生长旺盛,树冠高大,结果期间枝梢与果实生长存在一定的竞争关系^[1]。传统观念认为荔枝花果期不宜回缩修剪,通常桂味荔枝整形是放在果实采收后进行轻度回缩修剪^[2],但会导致树冠逐年增大。桂味荔枝采果后若采用重回缩修剪(回缩枝条直径3 cm以上),势必造

成回缩修剪后抽生的枝条徒长性较强,影响第二年的成花结果,形成所谓荔枝的大小年结果现象^[3]。

桂味荔枝属晚熟荔枝品种,品质上乘,果实采收后枝梢生长期较短,不易成花坐果,增加树冠管理难度。现今劳动力缺乏,人工成本高涨,过去那种精工细作式的管理方式、高大树冠的栽培模式已不适合,简易、高效管理模式以及机械化管理模式被大力提倡。小型、矮化的树冠更容易开展修剪、喷药及果实采收等农事操作,降低目前昂贵的劳动力成本^[4]。矮化砧木可以矮化树型,缩小树冠^[5],但生产上尚未有荔枝矮化砧木的应用。长期以来,修剪被认为是管理树冠大小的有效办法^[6-7],老龄密闭荔枝果园改

造一般于3月采取仅保留3~4个骨干枝的回缩修剪方式,矮化缩小树冠的同时保证次年成花坐果^[8]。适宜的修剪时间和修剪方法,能够促进花芽形成和开花,增加果实颜色,增加果实可溶性糖含量,降低果实可滴定酸含量,但不适宜的修剪方法往往造成枝条徒长、降低树体碳水化合物含量、成花和坐果差、果实变小等不良影响^[9-10]。回缩修剪技术和时间不当,甚至导致荔枝长时间不能结果恢复产量^[11]。在橄榄、澳洲坚果等树种上利用圆盘锯修剪机开展机械化修剪方式的研究,形成修剪侧的树冠平面^[12-13]。在此基础上,不同年份间采取平头形和单边篱壁形修剪交替进行,能够极大地降低生产成本,同时不影响橄榄的年平均产量^[12]。常绿果树澳洲坚果花期机械修剪能够正常开花坐果^[13]。在荔枝上面未见有开展机械化修剪的报道。笔者旨在探讨适宜荔枝机械化修剪的方式和修剪时期,为生产上荔枝宜机化的树冠管理提供重要的参考。

1 材料和方法

1.1 材料

试验在广东省农业科学院果树研究所桂味荔枝果园进行。果园土质为红壤土。2020年选用树龄15 a(年)的桂味荔枝成年树作试材,砧木是怀枝荔枝,株行距均为6.0 m×7.0 m,树冠大小4.5 m×4.5 m×3.5 m,树势中等,初始结果枝率65%~70%。每个处理3株,每株从树冠上分别随机取20个枝条和10个果穗进行测量。

1.2 田间修剪处理

设置2个不同的修剪时间。时间1,2020年3月10日,在桂味荔枝成花之后的花期。时间2,桂味荔枝采果后,2020年7月15日。

模拟机械化修剪方法有4个,包括平头形、单边篱壁形、梯形修剪和轮枝修剪。

花期修剪于2020年3月10日进行,设置4个不同的修剪方式,以不修剪植株为对照(生产上花期一般不修剪)。处理1,平头形修剪,控制树顶修剪的枝条直径在2.0 cm以下,剪掉枝条的长度为0.6~0.8 m;处理2,单边篱壁形修剪,仅修剪树冠一侧,控制修剪的枝条直径在2.0 cm以下,剪掉枝条的长度为1.0~1.2 m;处理3,梯形修剪,控制修剪的枝条直径在2.0 cm以下,树顶剪掉枝条的长度为0.8 m,树冠四周剪掉枝条的长度为0.4 m;处理4,轮枝修剪,疏

除1/2的四级枝(枝条直径在3.3~4.0 cm)。

采果后在2020年7月15日进行修剪,设置平头形和单边篱壁形修剪2个处理(处理5和6),以正常采后修剪为对照。处理5,2020年7月15日,采果后平头形修剪,控制修剪的枝条直径在1.5 cm以下,剪掉枝条的长度为0.5~0.6 m;处理6,采果后单边篱壁形修剪,控制修剪的枝条直径在1.5 cm以下,剪掉枝条的长度为0.5~0.6 m;对照,正常修剪(CK),采果后轻回缩,以及对徒长枝、过高枝、过密大枝等影响树体结构的大枝条进行疏除或短截处理,剪除结果枝基部的密节部位。

1.3 修剪后生物学效应观察

1.3.1 枝梢生长观察 修剪后测定修剪刀口粗度;每株树随机选取20个枝条(修剪后抽生出枝条),分布不同方位,挂牌;花期修剪处理,于2020年5月12日开始,每隔10 d,统计抽生新梢数目以及抽生枝梢的生长长度与粗度;采后修剪处理,于2020年8月20日开始,每隔10 d,统计抽生新梢数目以及抽生枝梢的生长长度与粗度。

1.3.2 叶片叶绿素和糖分含量的测定 2020年5月18日开始,每隔7 d,测定修剪后一次新梢未成熟叶片叶绿素含量^[14];6月18日,修剪后一次新梢成熟叶片和未成熟叶片可溶性糖和淀粉含量的测定参照周瑞云等^[15]的方法,但略有不同,用叶片烘干样进行测量;同时干物质含量的测定参照黄小凤等^[16]的方法。

1.3.3 果实发育、品质和产量的测定 2020年5月12日开始,每隔10 d,每株树随机选取10个结果枝,统计单穗果数;在果实成熟时从试验树上随机采取15个果实为样品,测量单果质量、果实纵横径、可溶性固形物含量(TSS)、种子质量、种子纵横径、果皮厚度、果肉厚度;2020—2021年连续2 a果树整株产量称重计算;统计从坐果时开始至果实采收期6月16日结束的单穗果数差值,计算落果率。

1.4 数据分析

试验数据采用IBM SPSS Statistics 22.0软件进行统计分析,用平均值±标准差表示,采用Duncan法进行数据差异显著性检验,所有数据的整理与作图采用Microsoft Excel 2016软件。

2 结果与分析

2.1 不同修剪方式对枝梢生长及产量的影响

已报道密闭荔枝园改造一般选择春季整树重

回缩修剪,回缩时间越早,发梢数目和次数越多,可保证第二年挂果^[8]。桂味荔枝整形是放在果实采收后进行短截或轻中度回缩修剪,而采果后的重回缩修剪造成次年成花坐果难。因此,修剪目的不同,修剪时期和修剪深度则有差异。本研究

2020年采取花期轻中度回缩修剪(表1),修剪深度80~120 cm,而采后修剪采取轻回缩,修剪深度50~60 cm,保证翌年仍能成花坐果。花期修剪与采果后修剪相比,12月份统计结果表明前者修剪后的枝梢能长3~4趟梢,显著大于后者抽生枝梢

表1 不同时间和修剪方式对桂味荔枝枝梢生长(12月)和产量的影响

Table 1 Effects of different time and pruning methods on shoot growth in December and yield of Guiwei litchi

修剪时间 Pruning time	修剪方法 Pruning method	修剪深度 (长/宽/高) Pruning depth (Length/width/Height)/cm	12月总梢长度 Shoot length/cm	12月总梢基部粗度 Base coarseness/mm	12月末次梢长度 Terminal length/cm	12月末次梢粗度 Terminal fineness/mm	树冠缩减幅度(12月树冠长度/高度/宽度与3月树冠长度/高度/宽度的差值) Canopy reduction between December and march/cm	平均产量 Yield(2020/2021)/kg
花期 Flowering stage	轮枝 Alternate branch	四级枝 Fourth grade branch	50.63±17.12 ab	7.11±1.33 ab	15.13±9.13 a	3.40±0.97 b	10.0±6.3 d (高 Height)	20.0±3.5 a/ 22.0±2.9 b
	平头形 Topping	60~80 (高 Height)	53.26±22.17 a	7.68±2.68 a	16.16±5.58 a	3.68±0.92 ab	42.0±12.0 b (高 Height)	0.25±0.1 c/ 27.0±2.8 b
	东侧篱壁形 Hedging Eastern side	100~120 (宽 Width)	36.98±15.13 bc	6.59±1.55 ab	15.75±4.34 a	4.26±0.81 a	82.0±16.5 a (宽 Width)	11.5±1.6 b/ 37.0±2.4 a
	西侧篱壁形 Hedging Western side	100~120 (宽 Width)	34.05±8.46 c	5.97±1.01 b	16.21±3.58 a	3.91±0.56 ab	79.0±15.0 a (宽 Width)	10.0±1.6 b/ 32.0±2.6 b
	梯形 Topping and Hedging	40/80(宽/高 Width/Height)	47.55±25.70 abc	7.16±2.60 ab	13.53±5.67 a	3.49±1.06 b	35.0±9.7 b (宽/高 Width/Height)	0/14.0±1.4 c
采果后 Past-harvest stage	对照 Control	未修剪 No pruning	26.50±6.05 a	4.38±0.83 ab	8.95±3.88 b	2.88±0.55 a	27.0±5.1 ↑ (长/宽/高 Length/Width/Height)	23.5±2.4 a/ 30.0±2.2 b
	平头形 Topping	50~60 (高 Height)	29.8±11.84 a	5.24±1.45 a	11.58±5.14 a	3.03±0.61 a	40.5±11.3 b (高 Height)	-/40.0±2.5 a
	西侧篱壁形 Hedging Western side	50~60 (宽 Width)	17.38±7.43 b	3.83±1.28 b	10.67±3.26 ab	3.25±0.80 a	31.0±7.3 b (宽 Width)	-/20.5±1.1 b
	南侧篱壁形 Hedging Southern side	50~60 (长 Length)	13.92±6.08 b	3.94±1.02 b	8.58±3.15 b	3.32±0.46 a	23.0 ±5.3 c(长 Length)	-/25.0±1.3 b

注:表中数据为平均值±标准差;同列不同小写字母表示不同处理之间在0.05水平存在显著差异;下同。箭头表示树冠冠幅增加;‘-’表示与对照相比基本无变化。

Note: Data in the table are the Means±SD; The different normal letters in the same column indicate significant difference among treatments at 0.05 level; The same below. The arrow indicates upregulated canopy. ‘-’ indicates the same as control.

长度;其次花期单边篱壁形处理,树冠冠幅大幅度缩减,与2020年3月相比,缩小树冠效果极其明显,当年12月枝梢停长后,树冠宽度降低67.0~98.0 cm,且产量与对照差别不大,仅修剪当年产量是对照的1/2。而同时进行的平头形处理,树冠高度降低30.0~54.0 cm,与采果后平头形处理的树冠降低程度近似,但花期平头形修剪处理造成当年严重减产,说明花期桂味荔枝不适宜采用平头形修剪模式。在相同的栽培管理条件下,与花期的平头形和单边篱壁形处理相比,花期轮枝修剪处理当年和翌年的产量均较稳定,但不适宜简易的机械化操作,而梯形修剪处理不仅当年没有产量,次年的产量也较低。

2.2 花期修剪方式的生物学效应

2.2.1 不同修剪方式对修剪部位抽生枝梢生长的影响

如图1所示,修剪枝条粗度与抽生新梢数目存在显著的正相关, $R^2=0.937, p<0.01$ 。修剪枝条越粗,新梢数目越多。一般修剪刀口粗度在1.5~2 cm之间时,新梢数目是3个;刀口粗度在2~3 cm之间时,轮枝修剪处理的新梢数目增加,约5个。但在单边篱壁形修剪方式中,虽然修剪刀口粗度是2 cm左右,但新梢数目是2个,推测此整树修剪方式对树势有削弱,造成抽生新梢数目减少。此外,笔者发现当轮枝修剪处理修剪枝条的粗度为 $3.84±0.16$ cm,高于枝条平均修剪粗度 $2.80±0.40$ cm,会导致新梢萌发数目骤增至8个,说明轮枝修剪方式的修剪枝条

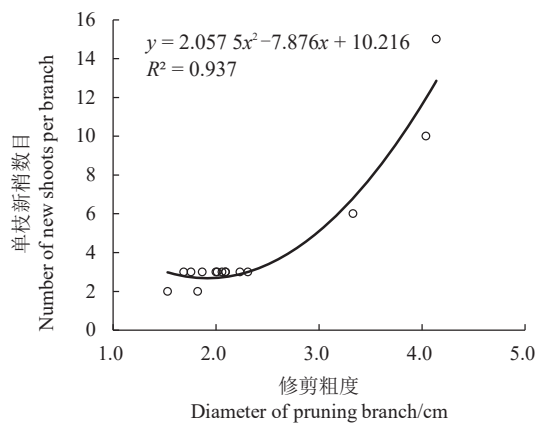


图1 修剪枝条粗度与抽生新梢数目间的相关性分析

Fig. 1 Analysis of the correlation between the diameter of pruning branch and the number of new shoots

越粗,修剪部位抽生新梢数目越多。

花期不同修剪方式对抽生新梢时间的影响,以平头形和单边篱壁形修剪方式的新梢抽生最快,轮枝修剪处理的新梢抽生最慢,这与平头形和单边篱壁形处理修剪后的植株整株挂果量相比,轮枝修剪处理修剪后整株挂果量较多有关,还跟轮枝处理修剪的枝条占不修剪的比例较少有关(一株树只回缩3~5个中等枝条);5月12日新梢叶片平展后,开始采集数据,分析抽生枝梢生长情况。

结果表明(图2),5—6月抽生的枝梢生长速率比7—10月慢。轮枝修剪方式中,抽生新梢后,枝梢的生长速率最快,而平头形修剪方式5—6月新梢的生长速率最慢,7—10月生长速率最快。同时笔者

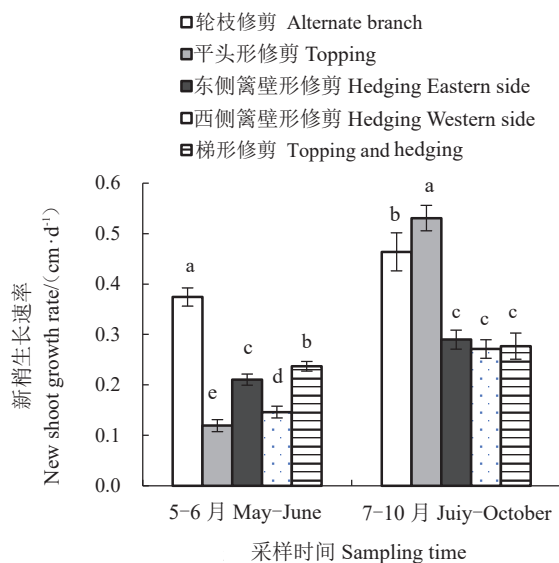


图2 花期不同修剪方式对桂味荔枝枝梢生长速率的影响
Fig. 2 Effects of different pruning methods at flowering stage on shoot growth rate of Guiwei litchi

发现东侧单边篱壁形修剪方式中,抽生枝梢的生长速率较西侧单边篱壁形修剪方式略高,推测修剪一侧位于东侧,阳光充足,有利于修剪后的新梢旺盛生长,但生长速率均低于轮枝修剪处理。

总之,修剪口粗度越高,抽生新梢数目越多,枝梢生长速率越快;果期(5—6月)抽生的新梢生长速率慢于采果后(7—10月)的新梢;单边篱壁形修剪处理后抽生枝梢5—10月连续生长速率适中。

2.2.2 不同修剪方式对落果率的影响 不同修剪方式对未修剪枝落果率影响的结果(图3)表明,花期平头形修剪,落果极其严重,达95%;单边篱壁形、轮枝修剪的落果率与对照差异不大,平头形修剪后所有新生梢均在顶部,所有枝组均有新梢生长,从而造成大量落果,单边篱壁形处理修剪后抽生新梢只在树冠一侧,对未修剪侧的落果率影响不大,这个与传统的观念不同,传统观点认为荔枝花果期不能有新梢的生长,否则会加剧落果,笔者采用的花期单边篱壁形修剪,一边的新梢生长对另外一边的结果影响不大,说明桂味荔枝的枝组独立性较强,这是桂味荔枝花期实现机械化修剪的理论基础。

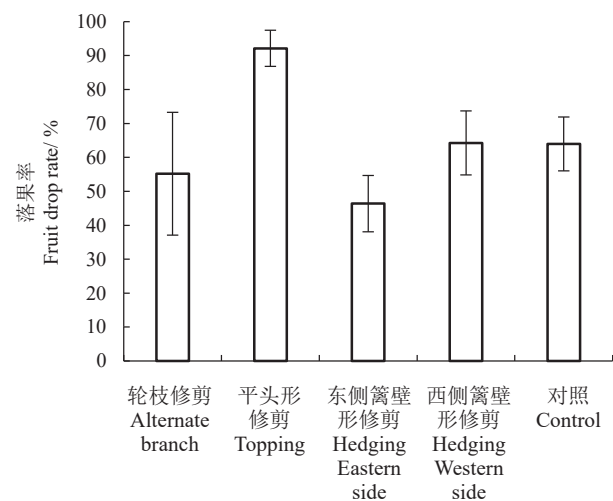


图3 花期不同修剪方式对2020年桂味荔枝落果率的影响
Fig. 3 Effects of different pruning methods at flowering stage on fruit drop rate of Guiwei litchi in 2020

2.2.3 不同修剪方式对果实发育及果实品质的影响 比较2020年不同修剪方式的树体果实发育相关指标,包括单果质量、果皮厚度、果肉厚度、种子质量量、可食率、可溶性固形物含量(表2),结果表明,花期采取平头形修剪方式,果实单果质量、果肉厚度均略低于其他树体,表明其果实发育迟缓,果实种子显著大于其他树体,可食率低,这与桂味荔枝同时存在的大小核现象有

表2 花期不同修剪方式对2020年桂味荔枝果实品质的影响

Table 2 Effects of different pruning methods at flowering stage on fruit quality of Guiwei litchi in 2020

修剪方式 Pruning method	单果质量 Single fruit weight/g	果皮厚度 Peel thickness/mm	果肉厚度 Pulp thickness/mm	种子质量 Seed weight/g	可食率 Edible rate/%	w(可溶性固形物) Total soluble solid/%
轮枝修剪 Alternate branch	17.36±1.27 a	1.53±0.04 b	8.41±1.00 a	0.83±0.05 a	75.00±3.00 a	18.44±0.28 b
平头形修剪 Topping	15.88±0.36 a	1.54±0.10 b	7.48±0.96 b	1.64±0.17 b	71.00±1.00 b	18.56±0.24 a
东侧篱壁形修剪 Hedging Eastern side	17.90±2.76 a	1.58±0.68 a	9.69±0.25 c	0.48±0.11 a	76.00±1.00 a	18.25±0.27 b
西侧篱壁形修剪 Hedging Western side	17.54±3.01 a	1.57±0.33 b	9.24±1.87 a	0.39±0.22 a	75.00±1.00 a	17.96±0.28 b
对照 Control	16.91±2.41 a	1.61±0.25 b	9.70±0.70 a	0.30±0.17 a	73.00±2.00 a	18.16±0.21 b

关^[7],也有可能是为了竞争营养自我调节的结果;说明平头形模式修剪不利于荔枝果实发育。

采取不同修剪方式的桂味荔枝果实可溶性固形物含量差别不大,均在18%左右,可食率、可溶性糖含量、可滴定酸含量、维生素C含量不同树体间无显著差异。

2.2.4 不同修剪方式对叶片叶绿素含量的影响
比较不同发育时期、不同树体的修剪部位抽生新梢顶端叶片的叶绿素含量变化情况,作为评价叶片生长质量的标志性指标。如图4所示,梯形修剪模式,枝梢顶端叶片的叶绿素含量在6月份前均显著高于其他树形。单边篱壁形处理较对照抽生枝梢顶端叶片的叶绿素含量无显著影响,轮枝修剪处理抽生枝梢顶端叶片的叶绿素含量峰值最低,梯形修剪处理显著提高5—6月的新梢顶端叶片叶绿素含量。CK的叶绿素含量在6月初先达到高峰后,开始下降;但进入6月后,平头形,单边篱壁形和轮枝修剪的新梢顶端叶片叶绿素含量未呈现出明显的下降趋势。平头形修剪后,枝梢顶端叶片发育质量与单边篱壁形处理仅略有差异,轮枝修剪的枝梢顶端叶片质量最差,可能与其修剪后的抽生枝梢大多数位于内膛、光照差有关。

2.2.5 不同修剪方式对叶片糖、淀粉含量的影响

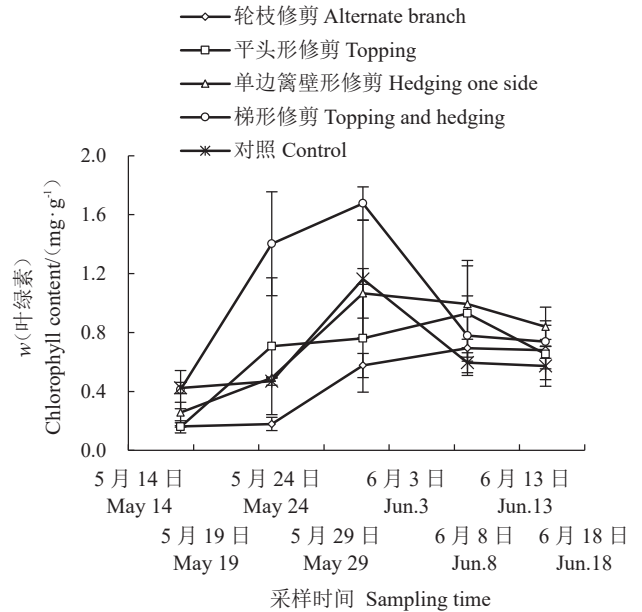


图4 不同修剪方式的新梢顶端叶片叶绿素含量

Fig. 4 Comparison of chlorophyll content in top leaves of new shoots with different pruning methods at flowering stage

在果实采收期,对修剪后抽生枝梢叶片(包括顶端未成熟叶和成熟叶)的糖、淀粉、干物质进行检测,结果见表3,平头形修剪,当期末次梢未成熟叶片的可溶性总糖、淀粉、干物质含量均显著高于其他树形修剪方式,表明其生长消耗大量树体营养,造成坐果率极

表3 2020年果实成熟期不同修剪方式的叶片糖、淀粉、干物质含量

Table 3 Compare the sugar, starch, and dry matter content of leaf during fruit ripening by different pruning methods in 2020

修剪方式 Pruning method	顶端未成熟叶片 Apical leaf			成熟叶片 Mature leaf		
	w(可溶性总糖) Soluble sugar/%	w(淀粉) Starch/%	w(干物质) Dry matter/%	w(可溶性总糖) Soluble sugar/%	w(淀粉) Starch/%	w(干物质) Dry matter/%
轮枝修剪 Alternate branch	1.95±0.26 a	6.23±0.66 a	38.21±1.32 a	2.82±0.32 b	6.29±0.23 ab	48.50±0.60 a
平头形修剪 Topping	3.18±0.85 b	9.75±2.12 b	42.44±3.32 a	2.92±0.89 a	7.27±0.23 b	46.35±3.15 ab
篱壁形修剪 Hedging one side	2.08±0.59 a	7.13±0.71 ab	38.21±1.29 a	3.18±0.20 a	8.75±1.13 d	48.64±0.95 a
梯形修剪 Topping and hedging	2.12±0.57 a	8.28±0.67 b	40.17±1.36 a	2.63±0.18 b	7.99±0.50 b	45.00±1.24 b
对照 Control	2.11±0.15 a	6.35±0.47 a	37.79±1.27 a	3.26±0.61 a	5.39±1.26 a	48.61±0.94 a

低。梯形修剪处理,当期末次梢成熟叶的糖及干物质含量均显著低于其他修剪方式,推测由于单株修剪面积大于其他修剪方式,造成枝梢生长消耗大量的碳水化合物,不利于当年挂果(表1)。单边篱壁形处理,末次梢成熟叶的淀粉和可溶性总糖含量显著高于其他处理,表明修剪后树体糖转运效率高,树体长势良好,可能是其利于未修剪部分挂果的原因之一。

2.3 采果后修剪方式的生物学效应

采果后平头形处理的树体,抽生枝梢的生长速率最快,略高于对照,但显著高于单边篱壁形修剪处理(图5),抽生枝梢长度也比单边篱壁形处理长,普遍有2次梢,跟顶端优势相关,而单边篱壁形修剪后大部分只抽生一次梢,结合次年的产量(表1),发现采果后平头形处理修剪的单株产量高于单边篱壁形处理修剪的植株,与对照植株产量相当,说明采果后适宜采用平头形修剪模式实施机械化,不宜采用单边篱壁形修剪。南侧单边篱壁形处理比西侧单边篱壁形处理后抽生枝梢生长速率较慢,且9月中旬后呈略下降趋势,推测随9月中旬光照方向改变,日照时间变短,南侧单边篱壁形处理修剪一侧枝梢生长较快进入缓慢生长期。因此采果后修剪抽生枝梢生长速率与修剪方式、修剪方位、季节都有关。

10月中旬枝梢长度基本均达到最大值,随后部分下降(图5),推测是由于11月份部分枝梢未老熟,为确保第二年成花,采取摘小叶控梢,导致部分枝梢长度下降。尤其是单边篱壁形修剪模式,前期才抽生一次梢,进入11月后才大量抽生第二次梢,开展摘梢、杀梢后导致抽生枝梢长度下降幅度较大。采果后2次秋梢

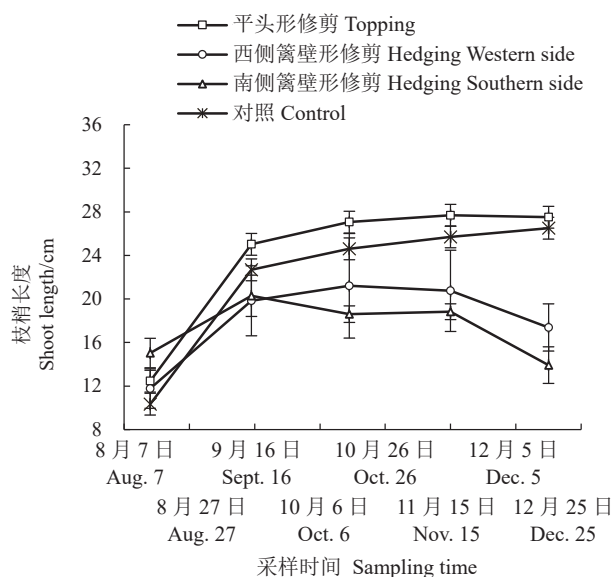


图5 比较采果后不同修剪方式的枝梢长度

Fig. 5 Comparison of the shoot length of different pruning methods at past-harvest stage

以及枝梢的适时老熟有利于成花,这是采果后平头形处理产量优于单边篱壁形处理的主要原因。

采果后平头形修剪处理的抽生秋梢总长度和粗度都显著高于单边篱壁形修剪处理的抽生秋梢,导致采果后平头形修剪处理在2021年的产量显著高于单边篱壁形修剪处理(表1)。虽然采果后不同修剪处理间的末次梢抽生时间不同,但末次枝梢的粗度和长度差异不大(表1)。表明采果后修剪处理的全长秋梢质量对翌年桂味荔枝产量影响极大。

针对采果后修剪对翌年果实品质的影响,结果表明平头形修剪处理的单果质量和种子质量,与对照相比偏大(表4),且具有高标准差数值,表明平头

表4 采果后不同修剪方式对2021年桂味荔枝果实品质的影响

Table 4 Effects of different pruning methods at past-harvest stage on fruit quality of Guiwei litchi in 2021

修剪方式 Pruning method	单果质量 Single fruit weight/g	果皮厚度 Peel thickness/mm	果肉厚度 Pulp thickness/mm	种子质量 Seed weight/g	可食率 Edible rate/%	w(可溶性固形物) Total soluble solid/%
平头形修剪 Topping	21.61±0.14 a	0.99±0.10 b	9.98±0.12 a	1.94±0.63 b	72.00±1.00 a	18.66±1.15 a
西侧篱壁形修剪 Hedging Western side	21.08±1.28 ab	1.08±0.07 ab	10.19±0.54 a	1.01±0.25 a	76.00±1.00 a	19.38±0.81 a
南侧篱壁形修剪 Hedging Southern side	20.65±0.35 ab	1.14±0.05 a	10.15±0.50 a	0.61±0.10 a	76.00±3.00 a	19.29±0.45 a
对照 Control	19.73±1.34 b	0.94±0.09 b	10.52±0.37 a	0.69±0.40 a	73.00±1.00 a	19.08±0.55 a

形修剪处理的桂味大小核现象严重。

3 讨论

3.1 花期的模拟机械修剪方式对桂味荔枝树体生

长和坐果的影响

研究首次对桂味荔枝采用模拟机械化修剪,简化修剪技术。枝条生长速率与修剪枝条粗度密切相关,以修剪枝条直径2.0 cm为界,一般修剪枝条越粗

(>2.0 cm),抽生枝条数目越多且生长速率越大。枝梢生长速率因季节而不同,花期平头形和单边篱壁形的抽生枝条的数目和生长速率基本一致,表明修剪后抽生枝条数目和生长速率与修剪方式相关性不大;采果后修剪抽生枝梢生长速率与修剪方式、修剪方位都有关。荔枝开花和果实发育初期,主要依赖树体的碳素储备,此时在新枝和果实生长过程中,高产树1~2 cm直径内的小枝条储备的碳素营养较大枝和主干的先被动员^[18]。平头形和单边篱壁形处理中2 cm直径内枝条的剪除,会导致同化物供应的大量减少,加上果树的枝条和果实生长之间存在竞争^[13],会增加早期果实的脱落率。平头形和单边篱壁形处理的差异在于修剪树冠不同方位的枝条。在生长季节成年果树的大树枝之间碳素收支相对独立^[19]。在荔枝果实发育期间,修剪大枝(直径3~5 cm)上的枝条生长不影响相邻大枝上的果实脱落^[20],但是当修剪枝条与花序在同一大枝上时,果实脱落率增加^[21]。同理,平头形处理,修剪枝条基本覆盖树体全部大枝,整树落果严重;但单边篱壁形处理仅修剪树冠一侧大枝,不影响树冠另一侧大枝挂果。推测荔枝树冠顶部修剪过的枝条上抽生枝条的生长与其下部未修剪枝条上的坐果竞争营养,但大枝间不存在营养交流。到了果实发育中后期,果实发育基本依赖的是树体当季的光合作用提供的碳素营养^[22]。糯米糍荔枝采收时高产树较低产树末次梢成熟叶片的可溶性糖含量更高,但淀粉含量差异不大^[18]。本研究中桂味荔枝采收时单边篱壁形处理末次梢成熟叶的可溶性糖含量比平头形处理高与之相符。

花期采用单边篱壁形处理,控制修剪枝条直径在2.0 cm以下,修剪枝条在20%~30%,修剪深度1.0~1.2 m,抽生一定数量的新梢对未修剪枝条的挂果影响不大,因此采用单边篱壁形修剪模式,除了可以实现机械化修剪之外,还可以实现桂味荔枝单株轮边结果,即一边结果,一边长梢,长梢的半边到11月止,基本可以长出新梢3~4次,成为次年良好的结果母枝,这在一定程度上缓解了荔枝大小年结果现象。同时通过单边篱壁形修剪模式,可以有效控制荔枝树冠的扩张,维持树冠在一定的大小范围之内,可以减少管理成本。枝条、叶片和果实指标的比较监测结果表明,单边篱壁形处理修剪后抽生枝梢生长速率适中,落果率低,抽生一次梢成熟叶片可溶性糖和淀粉含量高,树体糖转运效率高,且不影响翌年

的产量。但花期平头形修剪,枝梢顶端叶片消耗大量营养造成其落果率极高。

3.2 采果后的模拟机械修剪方式对桂味荔枝树体生长和坐果的影响

传统观念认为荔枝花果期不宜回缩修剪,因为修剪后果期长梢会导致新梢与小果竞争树体碳素营养储备^[8],加剧当年荔枝的落果。已报道采用打顶机械修剪澳洲坚果树的顶部,以达到控制树冠大小的目的,但它会导致大量枝梢再生和产量大幅下降^[13]。但本试验发现,与花期的平头形处理导致荔枝大量落果不同,采果后的平头形处理利用轻度回缩修剪方法,修剪枝条长度50~60 cm,在缩小树冠的同时,能够保证次年的成花坐果。平头形处理抽生新梢的生长会消耗整树的碳贮藏营养,使秋梢较采果后的单边篱壁形处理提前停止生长。荔枝末次梢抽发时间过晚,结果母枝成熟时间晚,导致结果母枝过于纤细,极易受到寒害,影响次年开花坐果^[23]。桂味荔枝是晚熟品种,采果后的秋梢生长期较早熟品种短,一般在11月下旬至12月中旬时,对结果的荔枝树采用物理(断根、环剥、环割)或化学(乙烯利、多效唑)控梢技术处理,控制根系活动,抑制冬梢抽生,强制营养生长处于稳定的休眠状态,促其转化为生殖生长状态,完成花芽分化^[24]。荔枝采果后7月采用平头形修剪模式,修剪深度0.5~0.6 m,在保证肥水供应的基础上,完全可以抽生2次秋梢结果母枝,枝梢能够适时老熟,给次年的成花结果提供了保障,同时可大幅度提高修剪效率,节省了大量人工成本。而且实施方法简单,只需掌控修剪枝条的粗度及大致的长度即可,本研究中的采果后平头形修剪,完全可以采用机械化修剪方式,且有效地降低了树冠,改善树冠内膛的光照条件,完成一次修剪,降低树冠0.5~1 m,可以做到每年基本控制桂味荔枝树冠维持在一定大小范围内。通过控制树冠,相应降低了管理成本。

4 结 论

花期回缩修剪,采取单边篱壁形修剪模式最佳,修剪当年并不抑制未修剪侧的挂果,可以显著控制荔枝树冠的扩张。采果后回缩修剪,可采取平头形修剪模式,提高修剪效率,节省了大量人工成本,将对产量的影响控制在一定范围,完全可以实现桂味荔枝的机械化修剪,值得进一步推广应用。

参考文献 References:

- [1] 袁荣才, 黄辉白. 从调节源-库关系看环剥对荔枝幼树根梢生长与坐果的调控[J]. 果树科学, 1993, 10(4): 195-198.
YUAN Rongcai, HUANG Huibai. Regulation of root and shoot growth and fruit-drop of young litchi trees by trunk girdling in view of source-sink relationships[J]. Journal of Fruit Science, 1993, 10(4): 195-198.
- [2] 刘国英. 桂味荔枝丰产稳产栽培技术[J]. 农技服务, 2013, 30(1): 61.
LIU Guoying. Cultivation techniques for high and stable yield of Guiwei litchi[J]. Agricultural Technology Service, 2013, 30(1): 61.
- [3] 林清. 桂味荔枝丰产栽培技术[J]. 中国南方果树, 2006, 35(4): 35-36.
LIN Qing. High-yield cultivation techniques of Guiwei litchi[J]. South China Fruits, 2006, 35(4): 35-36.
- [4] EREZ A. Dwarfing peaches by pruning and paclobutrazol[J]. Acta Horticulturae, 1984, 146: 235-241.
- [5] WEBSTER A D. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1995, 23(4): 373-382.
- [6] IKINCI A. Influence of pre- and postharvest summer pruning on the growth, yield, fruit quality, and carbohydrate content of early season peach cultivars[J]. Scientific World Journal, 2014, 2014: 104865.
- [7] DEMIRTAS M N, BOLAT I, ERCISLI S, IKINCI A, OLMEZ H A, SAHIN M, ALTINDAG M, CELIK B. The effects of different pruning treatments on the growth, fruit quality and yield of 'Hachihaliloglu' apricot[J]. Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus, 2010, 9(4): 183-192.
- [8] 岑文展, 李浩然, 谭春露, 潘介春, 邓英毅, 李鸿莉, 徐炯志. 密闭荔枝树回缩修剪时间对成花挂果的影响[J]. 广西农学报, 2020, 35(2): 28-31.
CEN Wenzhan, LI Haoran, TAN Chunlu, PAN Jiechun, DENG Yingyi, LI Hongli, XU Jiongzi. Effect of pruning time on the flowering and fruiting of closed litchi trees[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2020, 35(2): 28-31.
- [9] CLAIR-MACZULAITYS D, SARTHOU C, BORY G. Effects of pruning on carbohydrate distribution in the trunk of sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 1994, 59(1): 61-67.
- [10] HOSSAIN A B M S, MIZUTANI F, ONGUSO J M, EL-SHEREIF A R, RUTTO K L. Effect of summer pruning on shoot growth and fruit quality in peach trees trained as slender spindle bush type[J]. Memoirs of the Faculty of Agriculture - Ehime University (Japan), 2006, 51: 9 - 13.
- [11] 吴兴. 荔枝树回缩修剪技术探讨[J]. 福建热作科技, 2000, 25(2): 33-34.
WU Xing. Discussion on retraction pruning technology of litchi tree[J]. Fujian Science & Technology of Tropical Crops, 2000, 25(2): 33-34.
- [12] DIAS A B, FALCÃO J M, PINHEIRO A, PEÇA J O. Evaluation of olive pruning effect on the performance of the row-side continuous canopy shaking harvester in a high density olive orchard[J]. Frontiers in Plant Science, 2020, 10: 1631.
- [13] MCFADYEN L M, ROBERTSON D, SEDGLEY M, KRISTIANSEN P, OLESEN T. Post-pruning shoot growth increases fruit abscission and reduces stem carbohydrates and yield in macadamia[J]. Annals of Botany, 2011, 107(6): 993-1001.
- [14] FU X Y, ZHOU L Y, HUANG J B, MO W P, ZHANG J Y, LI J G, WANG H C, HUANG X M. Relating photosynthetic performance to leaf greenness in litchi: A comparison among genotypes[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 152: 16-25.
- [15] 周瑞云, 胡福初, 王祥和, 周文静, 吴凤芝, 陈哲. 不同物候期妃子笑荔枝叶片光合特性及碳水化合物含量变化分析[J]. 广东农业科学, 2020, 47(8): 22-29.
ZHOU Ruiyun, HU Fuchu, WANG Xianghe, ZHOU Wenjing, WU Fengzhi, CHEN Zhe. Analysis on photosynthetic characteristics and carbohydrate content of Feizixiao litchi leaves in different phenological periods[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2020, 47(8): 22-29.
- [16] 黄小凤, 韦阳连, 余金昌, 田海娟, 袁志永. 14个荔枝品种的叶片性状分析[J]. 亚热带植物科学, 2017, 46(2): 126-130.
HUANG Xiaofeng, WEI Yanglian, YU Jinchang, TIAN Haijuan, YUAN Zhiyong. Leaf traits of different *Litchi chinensis* cultivars[J]. Subtropical Plant Science, 2017, 46(2): 126-130.
- [17] 李建国, 周碧燕. 大核和焦核“桂味”荔枝果实发育及其发育期间果皮中内源激素含量的变化比较[J]. 植物生理学报, 2005, 41(5): 587-590.
LI Jianguo, ZHOU Biyan. Comparison on fruit development and changes in endogenous hormone contents in pericarp between large- and aborted-seeded litchi (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Guiwei) [J]. Plant Physiology Communications, 2005, 41(5): 587-590.
- [18] 袁炜群, 黄旭明, 王惠聪, 李建国, 陈厚彬, 尹金华. “糯米糍”荔枝碳素营养储备动态与坐果的关系[J]. 园艺学报, 2009, 36(11): 1568-1574.
YUAN Weiqun, HUANG Xuming, WANG Huicong, LI Jianguo, CHEN Houbin, YIN Jinhua. Seasonal changes in carbon nutrition reserve in 'nuomici' litchi trees and its relation to fruit load[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(11): 1568-1574.
- [19] MARSAL J, BASILE B, SOLARI L, DEJONG T M. Influence of branch autonomy on fruit, scaffold, trunk and root growth during stage III of peach fruit development[J]. Tree Physiology, 2003, 23(5): 313-323.
- [20] HIEKE S, MENZEL C M, DOOGAN V J, LÜDDERS P. The relationship between fruit and leaf growth in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2002, 77(3): 320-325.
- [21] HIEKE S. Physiology of leaf and fruit growth in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) [D]. Berlin: Humboldt University of Germany, 2000.
- [22] 任盼盼, 马小沙, 韦帮稳, 王惠聪. 稀土叶面肥对荔枝光合作用和成花坐果的影响[J]. 果树学报, 2021, 38(9): 1540-1549.
REN Panpan, MA Xiaosha, WEI Bangwen, WANG Huicong. Effects of foliar rare earth fertilizer on photosynthesis, flowering and fruiting in *Litchi chinensis* [J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(9): 1540-1549.
- [23] 白明平. 桂味荔枝高产栽培技术要点[J]. 南方农业, 2018, 12(32): 37-38.
BAI Mingping. Key points of high yield cultivation techniques of Guiwei litchi[J]. South China Agriculture, 2018, 12(32): 37-38.
- [24] 谭诚攀. 荔枝控制冬梢和促进花芽分化[J]. 农家参谋, 2019(10): 111.
TAN Chengpan. Litchi controls winter shoots and promotes flower bud differentiation[J]. Adviser of Peasant Families, 2019(10): 111.