

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201312038

马志航,薛进军,丁政程,等. 龙眼树形对生长结果及机理影响初探[J]. 广西植物, 2015, 35(6):880—884

Ma ZH, Xue JJ, Ding ZC, *et al.* Effects of tree structures on longan growth, fruit and mechanism[J]. *Guihaia*, 2015, 35(6):880—884

龙眼树形对生长结果及机理影响初探

马志航, 薛进军*, 丁政程, 侯延杰, 徐炯志

(广西大学 农学院, 南宁 530005)

摘 要: 为了解决龙眼园的郁闭问题,提高龙眼的产量和品质,该文以桂香龙眼品种为材料,研究了扁开心形、开心形、自然圆头形三种不同树体结构对树体光照强度、叶片、根系、果实的影响。结果表明:扁开心形显著改善了树冠和果园通风透光环境,提高了叶绿素含量,增大了叶面积,提高了 PS II 系统活性和开放程度,调节了光合机构的自我保护机制,改善了荧光参数,从而提高了果实品质;扁开心形、开心形、对照的单株产量分别是 19.90、17.00、15.60 kg,单果重分别是 10.24、10.07、7.64 g;扁开心形和开心形可食率比对照分别提高了 4.20%、4.40%,可溶性固形物含量分别提高了 12.16%、12.55%;扁开心形比开心形以及对照的表层根有所上浮,促进了果树的生殖生长,显著扩大了根系的分布深度,扩大了根系对营养物质以及水分的吸收。扁开心形是一种高光效的树形,应在生产上加以推广。

关键词: 龙眼; 树形; 荧光; 根系; 产量及品质

中图分类号: Q945.1, S667.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2015)06-0880-05

Effects of tree structures on longan growth, fruit and mechanism

MA Zhi-Hang, XUE Jin-Jun*, DING Zheng-Cheng,
HOU Yan-Jie, XU Jiong-Zhi

(College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China)

Abstract: An experiment to figure out the influence on the illumination intensity, leave, roots and fruits by different tree structures has been operated. It turned out that the Narrow Opening deeply improved the light, chlorophyll, leaf area, fluorescence and the fruit quality. The outputs of the Narrow Opening, Opening and the CK were 19.90, 17.00 and 15.60 kg. The weights of single fruit of the Narrow Opening, Opening and the CK were 10.24, 10.07 and 7.64 g. The edible percentage of the Narrow Opening and the Opening improved 4.20% and 4.40% when compared with the CK. The soluble solid improved 12.16% and 12.55% when compared with the CK. The upper roots of the Narrow Opening float some when compared with the Opening, which meant the Narrow Opening promoted the reproductive growth, enlarge the depth of the roots obviously, extend the absorption of water and nutritive material. It turned out that the Narrow Opening ones should be widely used for its high productivity.

Key words: longan; tree structure; fluorescence; root system; output and quality

当前龙眼生产中,圆头形树冠较为普遍。圆头形大枝数目过多,树体高大,树冠枝梢交叉,密不透

光,造成果园郁闭,产量及品质恶化。要提高产量和品质,需要改善果园通风透光条件,解决果园的郁闭

收稿日期: 2014-08-22 修回日期: 2015-01-11

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系项目(CARS-33-09)

作者简介: 马志航(1987-),男,河南郑州市人,硕士研究生,主要从事果树栽培及生理学研究, (E-mail)916597605@qq.com。

*通讯作者: 薛进军,博士,教授,主要从事果树栽培及生理、作物营养调控研究, (E-mail)xuejinjun@163.com。

问题。研究表明,树形不同,冠层内光照辐射及分布,光合速率、光合产量以及果实产量和品质等会存在显著的差异(牛自勉,1991;徐胜利等,2002;冉辛拓等,2012)。李丙智等(2005)通过对红富士苹果树形改造,显著改善光合作用,提高了苹果的产量和品质。Robinson *et al.* (1991)的研究表明,树形决定光能截获总量以及冠层内的辐射分布。间伐同样对郁闭园改造起到较为显著的作用(韦永感,2011)。间伐通过大量砍伐树体,扩大了行间距,改善了果园的通风透光条件。但间伐容易造成生物量骤减,间伐后的第一年亩产量有明显下降(杨祖艳,2012)。纵观前人研究,树形改造仅从个体结构上进行调整,虽然,树冠郁闭情况有一定的改善,但果园郁闭改善却不显著,并未从根本上解决郁闭问题;间伐虽然对郁闭园改造较为有效,但却容易造成果园在改造后早期产量下降。为了解决果园郁闭,提高龙眼的产量和品质,笔者在开心形的基础上,通过减少行间枝量、扩大行间距、改造树形为扁开心形,旨在探讨较合适的龙眼郁闭果园改造方式,为郁闭龙眼园的改造,提高龙眼产量和品质提供一定的实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地点为广西大学农学院标本园,材料为圆头形龙眼树,2002 年定植,株行距 3 m×5 m,长势良好,树势和栽培管理条件基本一致。土壤类型为粘性赤红壤土,碱解氮(N)20.2 mg·kg⁻¹,速效磷(P₂O₅)31.0 mg·kg⁻¹,速效钾(K₂O)71.2 mg·kg⁻¹,有机质 7.66 g·kg⁻¹,pH 值为 4.45~5.02。单株小区,5 次重复。

设置 3 个处理:(1)开心形,即改造圆头形为开心形,留 3~4 个主枝,主枝基角为 70°左右,每个主枝上留 2 个侧枝,侧枝上着生结果枝,不同级次的枝之间有明显的主从关系,均匀地分布在不同方向,主干高度为 0.7 m 左右,树高为 3.0 m 左右;(2)扁开心形,即在开心形的基础上进行改造,通过对行间回缩,比开心形多留出 1.5 m 空间;(3)对照,即放任不剪,任其自然形成圆头形,主枝为 8~9 个,直立,树高为 5.0 m 左右。

1.2 方法

1.2.1 光照强度的测定 采用简化了的树冠分格法(魏钦平等,2004),在树冠外围 1.5 m 左右高度由外

向内,用 ZDS-10 型照度计测量东、西、南、北 4 个方位 0.0~0.5、0.5~1.0、1.0~1.5、1.5~2.0 和 2.0~2.5 m 树体以及距离主干 0.5 m 的 0、1、2 和 3 m 高度的光照强度。

1.2.2 叶面积的测定 于二次秋梢停止生长时以及花穗抽生期,在不同处理外围东、西、南、北的 4 个方位分别采集第 2 张、第 3 张复叶的第 2 张、第 3 片叶,用叶面积仪(CI-202)测定叶面积。

1.2.3 叶片 SPAD 值的测定 于营养生长期、花芽分化期、花期、坐果期、果实膨大期选取健康的第 2 张、第 3 张复叶的第 2 张、第 3 片叶用 SPAD-502 Plus 测定叶片的 SPAD 值。

1.2.4 叶绿素荧光参数的测定 于花穗抽生期,采集不同处理最外围枝梢的第 2 张、第 3 张复叶的第 2 张、第 3 片叶,用 PAM-2100 便携式荧光仪测量叶绿素荧光参数。

1.2.5 不同深度根系重量与数目的测定 在距树体主干 50 cm 处用直径为 13 cm 的圆柱体根钻取 0~100 cm 的土层,每 20 cm 取样 1 次。统计不同土层根的数量,鲜重。

1.2.6 单株产量与果实品质的测定 果实采收时,应采收整株树,获得单株产量;每个处理随机选取 100 粒果实,用电子天平测量单果重,用手持测糖仪测量果实可溶性固形物含量;每个处理随机选取 40 粒,用电子天平称取果皮、果肉以及果核的重量,计算可食率。

1.3 统计分析方法

采用 Excel 软件和 SPSS 18.0 数据分析软件进行统计和方差分析以及数据图的制作,采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 树体光照强度

从表 1 可以得出,在水平方向从最外围到树体中央,扁开心形和开心形的光照强度呈现出先降低,再升高的趋势,且扁开心形比开心形要显著,而对照则从最外围到树体中央一直呈下降趋势,在树体内膛部分则光照强度达到了最低点。在垂直方向上,三种处理均呈现出从下到上光照强度逐渐增强的趋势,且在同一高度,扁开心形的光照强度要明显强于开心形和对照,且差异显著。扁开心形外围以及内膛光照强度分布较为充足的原因可能为相比较于开

心形以及对照而言,行间较少的枝条量以及较大的行间距增强了树体的通风透光能力,为光照较为充足的分布提供了较好的条件。

表 1 不同处理对光照强度的影响

项目 Item	测量位置 Measuring position (m)	扁开心形 Narrow opening	开心形 Opening	对照 CK
水平方向光照强度 Horizontal light intensity (lx)	0~0.5	33 650a	30 359a	30 185a
	0.5~1.0	16 010a	2 324b	1 511b
	1.0~1.5	1 376a	1 179b	1 002b
	1.5~2.0	9 341a	1 321b	793b
	2.0~2.5	19 139a	6 280b	336b
垂直方向光照强度 Vertical light intensity (lx)	0	1 309a	1 017a	880b
	1	1 880a	1 359b	1 076c
	2	5 047a	2 438b	1 602c
	3	30 800a	3 230b	3 050b

注: 同列数据后不同字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。下同。
Note: Values followed by different letters in the column are significantly different at $P<0.05$. The same below.

2.2 叶面积

从表 2 可以看出,不同处理在二次秋梢停止生长期的叶面积均大于在花穗抽生期的叶面积。在二次秋梢停止生长期,扁开心形、开心形和对照的叶面积分别为 40.41、41.26 和 38.56 cm²,扁开心形和开心形分别比对照提高了 4.80%和 7.00%,开心形和对照之间存在显著差异;在花穗抽生期,扁开心形、开心形和对照的叶面积分别为 31.42、30.00 和 27.82 cm²,扁开心形和开心形分别比对照提高了 12.94%和 7.84%,扁开心形和开心形与对照之间存在显著差异。

表 2 不同处理对叶面积的影响

处理 Treatment	二次秋梢停止期 Stage of the second autumn growth stop	花穗抽生期 Stage of flower pumping
扁开心形 Narrow opening	40.41ab	31.42a
开心形 Opening	41.26a	30.00a
对照 CK	38.56b	27.82b

2.3 叶片 SPAD 值

从表 3 看出,不同处理的叶片在营养生长期的 SPAD 值均大于在生殖生长期的 SPAD 值。在营养生长期扁开心形、开心形和对照的 SPAD 值分别为 54.61、54.20 和 50.33。扁开心形和开心形分别比对照提高了 8.50%和 7.69%,扁开心形和开心形与对

照之间存在显著差异;在花芽分化期,扁开心形和开心形和对照的 SPAD 值分别为 52.67、51.27 和 48.92,扁开心形和开心形分别比对照提高了 7.67%和 5.62%,扁开心形和对照之间存在显著差异;在花期,扁开心形、开心形和对照的 SPAD 值分别为 52.10、51.14 和 46.99,扁开心形与开心形比对照分别提高了 10.87%和 8.83%,扁开心形和开心形与对照之间存在显著差异;在坐果期扁开心形、开心形和对照的 SPAD 值分别为 48.72、49.16 和 46.64,扁开心形和开心形比对照分别提高了 4.41%和 5.40%,扁开心形和开心形与对照之间差异显著;在果实膨大期,三种树形 SPAD 值分别为 53.18、51.07 和 49.87,扁开心形和开心形比对照分别提高了 6.64%和 2.41%,扁开心形和开心形与对照之间差异显著,扁开心形和开心形差异显著。

表 3 不同处理对 SPAD 值的影响

处理 Treatment	营养生长期 Vegetative stage	花芽分化期 Flower-bud differentiation stage	花期 Flowering stage	坐果期 Fruit set stage	果实膨大期 Fruit enlargement stage
扁开心形 Narrow opening	54.61a	52.67a	52.10a	48.72a	53.18a
开心形 Opening	54.20a	51.27ab	51.14a	49.16a	51.07b
对照 CK	50.33b	48.92b	46.99b	46.64b	49.87c

2.4 叶绿素荧光

最大荧光产量(F_m)是 PSⅡ反应中心处于完全关闭时的荧光产量,可以反映通过 PSⅡ的电子传递情况。由表 4 可知,扁开心形的最大荧光产量明显大于开心形和对照,说明当 PSⅡ系统完全关闭时,扁开心形传递的电子情况最好;PSⅡ原初光能转化效率(F_v/F_m)反映了 PSⅡ的最大光能转化效率。扁开心形的最大光能转化效率高于开心形和对照,说明扁开心形的最大 PSⅡ光能转化效率比开心形和对照的 PSⅡ光能转化效率高;PSⅡ潜在活性(F_v/F_o)反映了 PSⅡ的潜在光化学活性(徐德聪等,2003)。扁开心形的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 高于开心形和对照,表明与开心形和对照相比较,扁开心形最大 PSⅡ的光能转化效率和 PSⅡ潜在活性比开心形和对照有所提高;光化学猝灭系数(qP)反映 PSⅡ反应中心的开放程度和光合活性的高低,非光化学猝灭系数(NPQ)反映了植物耗散过剩光能为热的能力,反映了植物的热耗散能力。扁开心形的光

化学猝灭系数和非光化学猝灭系数均高于开心形和对照,说明扁开心形的 PSⅡ 反应中心的开放程度、活性以及应对强光的保护能力有所提高。相对电子传递速率(ETR)反映了光合电子传递的速率。扁开心形的相对电子传递速率高于开心形和对照,说明扁开心形提高了 PSⅡ 的电子传递速率;PSⅡ 实际光量子产量(Yield)反映的是 PSⅡ 反应中心在有部分关闭情况下的实际原初光能捕获效率。扁开心形的 PSⅡ 实际光量子产量高于开心形和对照,说明扁开心形的 PSⅡ 实际原初光能捕获效率高于开心形和对照。原因可能是扁开心形对光照条件以及果园通透性的改善提高了气体的交换和流通速率,进而加强了树体对于自身温度的调节能力,从而提高了 PSⅡ 系统的活性,加强了树体自身的保护能力。

表 4 不同处理对叶绿素荧光参数的影响

Table 4 Influence of different treatments on chlorophyll fluorescence parameters

项目 Item	扁开心形 Narrow opening	开心形 Opening	对照 CK
最大荧光产量 F_m	1 907.250a	1 554.250b	1 539.250b
PSⅡ 原初光能转化效率 F_v/F_m	0.786a	0.773ab	0.739b
PSⅡ 潜在活性 F_v/F_o	3.694a	3.442ab	2.984b
光化学淬灭系数 qP	0.505a	0.489ab	0.473b
非光化学淬灭系数 NPQ	2.628a	2.269ab	1.895b
相对电子传递速率 ETR	34.936a	34.931b	33.887b
PSⅡ 实际光量子产量 $Yield$	0.198a	0.192a	0.192b

2.5 根系

由表 5 可知,在土层的各个深度,扁开心形树体的根系质量和数量均比开心形和对照要高;在 0~40 cm 范围内,扁开心形根系的重量占到了总重的 74.04%,而对照则为 44.09%,扁开心形的根系出现了一定程度的上浮。同时,扁开心形将根系分布扩大到了 80~100 cm 的范围,而对照则在此范围内没有根系的出现,存在显著差异。

2.6 产量及果实品质

从表 6 可以得出,扁开心形、开心形和对照的产量依次为 19.90、17.00、15.60 g,扁开心形和开心形比对照分别提高了 27.56%和 8.97%,处理之间存在显著差异;单果重分别为 10.24、10.07 和 7.64 g,扁开心形和开心形比对照分别提高了 34.03%和 31.81%,扁开心形和开心形与对照之间存在显著差异;可食率分别为 69.09%、68.96%和 66.18%,扁开心形和开心形比对照提高了 4.40%和 4.20%,差异

显著;可溶性固形物依次为 20.11%、20.18%和 17.93%,扁开心形和开心形比对照分别提高了 12.16%和 12.55%,扁开心形和开心形与对照之间差异显著。

表 5 根系鲜重和数量的影响

Table 5 Influence of different treatments on root numbers and weights

项目 Item	取样深度 Depth of selection (cm)	扁开心形 Narrow opening	开心形 Opening	对照 CK
鲜重 (g) Fresh weight	0~20	19a	17b	10.99c
	20~40	17.05a	10.4b	12.31b
	40~60	10.68b	11.2b	20.27a
	60~80	1.45a	0.43b	0.52b
	80~100	0.51a	0b	0b
数量 (条) Number	0~20	38a	35b	29c
	20~40	29a	22b	20b
	40~60	22a	19b	16c
	60~80	13a	11b	6c
	80~100	13a	0b	0b

表 6 不同处理对产量和品质的影响

Table 6 Influence on yield and quality by different treatments

处理 Treatment	单株产量 Yield per plant (kg)	单果重 Single fruit weight (g)	可食率 Edible percentage (%)	可溶性固形 Soluble solid (%)
扁开心形 Narrow opening	19.90a	10.24a	69.09a	20.11a
开心形 Opening	17.00b	10.07a	68.96a	20.18a
对照 CK	15.60c	7.64b	66.18b	17.93b

3 讨论与结论

本研究表明,扁开心形较为显著地改善了果园的通风透光条件。树体外围以及内膛,扁开心形的光照强度均显著高于对照和开心形。通风透光条件的改善,影响到了果实的产量和品质。扁开心形的单株产量、单果重、可食率和可溶性固形物分别比对照提高了 27.56%、34.03%、4.40%和 12.16%,这与魏钦平等(2004)通过对红富士改造树形,发现高干开心形的产量比小冠疏层形提高了 20%,可溶性固形物、可溶性糖、果形指数等均高于小冠疏层形相一致。果园通风透光条件的改善也影响了叶片的叶绿素含量,叶面积,叶绿素荧光参数等指标。在不同的时期,叶片 SPAD 值均显著高于对照,叶绿素含量

的提高为叶片进行光合作用提供了较为良好的条件,这与冉辛拓等(2012)在研究不同树形对梨产量和品质的影响时发现疏散形树形的叶片鲜样含量以及叶片中氮元素和钾元素含量较低相类似;所不同的是,本研究树形对叶面积造成了影响,而冉辛拓等(2012)在对梨树的研究中发现不同树形间叶面积无显著差异,这可能与采样、环境条件、树种等有关。通过对扁开心形的叶绿素荧光参数分析可知,扁开心形的 F_m 、 F_v / F_o 和 F_v / F_m 显著高于对照,说明在早上 9:00,光照强度较为合适的时候,扁开心形的光能利用率要比开心形和对照的好。这与梁红柱等(2004)在雾冷季和雨季对砂仁叶片叶绿素荧光参数的日变化结果相一致。扁开心形的 ETR 和 $Yield$ 在早上 9:00 左右均高于开心形和对照,这与段仁燕等(2009)在研究草莓叶绿素荧光参数时发现草莓的 ETR 在 6:00~12:00 时呈现上升趋势, $Yield$ 在 9:00~10:00 为较合适的强度下结果相一致。扁开心形同样提高了 PS II 系统在强光下的保护能力。扁开心形的根系有 74.07% 分布在 0~40 cm 的土壤深度内,而对照却只有 44.09% 分布在此深度;扁开心形将根系的分布范围扩大到 80~100 cm 的范围,而对照的根系范围却为 0~80 cm。可见,扁开心形同样扩大了根系的分布范围,这为营养物质的吸收扩大了范围。这与武阳等(2012)在研究亏缺灌溉对库尔勒香梨根系的影响时发现,适度的水分胁迫对根系密度的增加起到一定的促进作用相一致。

本研究结果表明,扁开心形树形显著地改善了树冠和果园的通风透光环境,进而促进了叶面积的增大、叶绿素含量的增加,提高了 PS II 系统活性和开放程度以及光合机构的自我保护机制,最终提高了产量和果实的品质,是一种高光效的树形,应该在生产上加以推广。

参考文献:

- Abrisqueta JM, Mounzer O, Alvarez S, *et al.* 2008. Root dynamics of peach trees submitted to partial root zone drying and continuous deficit irrigation [J]. *Agric Wat Manag.* **95** (8):959—967
- Duan RY(段仁燕), Wu GL(吴甘霖), Huang ZB(黄振波). 2009. Daily change of chlorophyll fluorescence of *Fragaria ananassa* Duch(草莓叶绿素荧光参数日变化的研究)[J]. *J Biol*(生物学杂志), **10**(5):69—73
- Li BZ(李丙智), Ruan BL(阮班录), Jun GR(君广任), *et al.* 2005. Effects of modifying tree form on photosynthetic ability and fruit quality of red Fuji apple(改形对红富士苹果树体光和能力及果实品质的影响)[J]. *J Northwest AF Univ*(西北农林科技大学学报), **33**(5):119—121
- Liang HZ(梁红柱), Dou DQ(窦德泉), Feng YL(冯玉龙). 2004. Diurnal changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of *Annonum villosum* Lour. grown under tropical rainforest in rainy, and foggy and cool seasons at Xishuangbanna(热带雨林下砂仁叶片光合作用和叶绿素荧光参数在雾凉季和雨季的日变化)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(7):1 421—1 429
- Niu ZM(牛自勉). 1991. Change rules of light of apple tree forms (苹果不同树形光照变化规律)[J]. *J Shanxi Agric Sci*(山西农业科学), (8):17—19
- Ran XT(冉辛拓), Song HZ(宋海舟), Gao ZH(高志货), *et al.* 2012. The effects of different tree shapes of pear on the light and fruit yield and quality(梨不同树形对光效能及产量品质的影响)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **39**(5):957—962
- Robinson TL, Lakso AN, Carpenter SG. 1991. Canopy development, yield, and fruit quality of 'Empire' and 'Delicious' apple trees grown in four orchard production systems for ten years[J]. *J Am Soc Horti Sci*, **116**:179—187
- Wei QP(魏钦平), Lu RQ(鲁韧强), Zhang XC(张显川), *et al.* 2004. Relationships between distribution of relative light intensity and yield and quality in different tree canopy shapes for 'Fuji' apple(富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **31**(3):291—296
- Wei YG(韦永感). 2011. Research on high yield of canopy closure longan orchard(密闭龙眼园丰产稳产的农艺措施研究)[J]. *Agric Res Appl*(农业研究与应用), (3):51—53
- Wu Y(武阳), Wang W(王伟), Huang XF(黄兴法), *et al.* 2012. Yield and root growth of mature korla fragrant pear tree under deficit irrigation(亏缺灌溉对成龄库尔勒香梨产量与根系生长的影响)[J]. *Transact Chin Soc Agric Machin*(农业机械学报), **43**(9):78—84
- Xu DC(徐德聪), Lü FD(吕芳德), Pan XJ(潘晓杰). 2003. Application of chlorophyll fluorescence analysis technique to research of fruit trees(叶绿素荧光分析技术在果树研究中的应用)[J]. *Nonw For Res*(经济林研究), **21**(3):88—91
- Xu SL(徐胜利), Chen XQ(陈小青), Li SH(李绍华). 2002. Light distribution and setting fruit position on quality of "Red Fuji" apple trees trained in hedgerow(篱壁式红富士苹果光照分布及结果部位对果实品质的影响)[J]. *Northern Fruit*(北方果树), (1):4—6
- Yang ZY(杨祖艳), Sun X(孙熹), He JW(何加文), *et al.* 2012. Effect of tree body structure amelioration on increase of longan yield and quality(改善树体结构对提高龙眼产量和品质的影响试验)[J]. *Southern Horti*(南方园艺), **23**(2):3—5