

# 梨不同树形对光效能及产量品质的影响

冉辛拓<sup>1</sup>, 宋海舟<sup>1,\*</sup>, 高志货<sup>2</sup>, 韩继成<sup>1</sup>, 魏建梅<sup>1</sup>, 乐文全<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>河北省农林科学院昌黎果树研究所, 河北昌黎 066600; <sup>2</sup>晋州市林业局, 河北晋州 052200)

**摘 要:** 针对乔砧老梨园高接换优后因树形不同产生的效益差距问题, 通过对 4 种高接后不同树形乔砧梨园的枝量、冠层透光率、光合参数、叶片养分、产量和品质等相关数据进行了连续两年的调查研究, 筛选并确定经济效益较高的适宜树形。研究表明: 4 种树形在总枝量、短枝量及短枝/总枝量基本均衡的前提下, 树冠内不同部位的透光率、有效光辐射和叶片的净光合速率、鲜样质量、养分含量均有显著差别, 进而导致不同树形间果实产量和品质的差异。综合分析认为, 乔砧大冠梨园改造转形宜选单层开心形, 而中小冠梨树高接换优宜采用细纺锤形。

**关键词:** 梨; 树形; 透光率; 产量; 果实品质

**中图分类号:** S 661.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2012) 05-0957-06

## The Effects of Different Tree Shapes of Pear on the Light and Fruit Yield and Quality

RAN Xin-tuo<sup>1</sup>, SONG Hai-zhou<sup>1,\*</sup>, GAO Zhi-huo<sup>2</sup>, HAN Ji-cheng<sup>1</sup>, WEI Jian-mei<sup>1</sup>, and LE Wen-quan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Changli Institute of Pomology, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Changli, Hebei 066600, China; <sup>2</sup>Jinzhou City Forestry Administration of Hebei Province, Jinzhou, Hebei 052200, China)

**Abstract:** The profitability is different in the modification of standard rootstock and big canopy with different tree shapes in current pear cultivation. The aim is to select and determine the suitable tree shapes by measuring the amount of shoots, canopy transmittance, photosynthetic characteristics, leaf nutrients, fruit yield and qualities in the process of modification. This study was carried out in four tree shapes for two consecutive years. The results showed that the photosynthetic active radiation, the net photosynthetic rate, transmittance, the leaf fresh weight as well as the leaf nutrient contents of N, P, K were significantly different in the four tree shapes with the same total shoots, the number of spur shoot and the ratio of spur shoot and total shoot. The yield and fruit qualities were also different in the four tree shapes. The conclusion was obtained that the single open centre shape in pear should be selected in the modification of pear with standard rootstock and big canopy, while the tall-spindle was better in other canopies when the top-grafting for variety improving was carried out.

**Key words:** pear; tree shape; transmittance; yield; fruit quality

现存老梨园多采用传统的多主枝疏散式栽培树形, 树体高大, 枝量重叠, 叶幕冗厚, 树冠郁闭,

收稿日期: 2011-12-30; 修回日期: 2012-03-29

基金项目: 河北省科技支撑计划项目 (11220602D); 国家梨产业技术体系建设专项项目 (CARS-29-23)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: ranxintuo@yahoo.com.cn)

果实产量、质量和效益渐次下滑。

针对上述问题,近年来提出了大树改造转形或高接换优的双向措施,对大面积老梨园进行了逐年更新改造。虽然改造转形或高接换优后都取得了明显效果,但由于改造或高接后的树形不尽一致,经济效益差距较大。

光照是影响梨树生长发育和果实产量、品质的重要因子。不同树形冠内光照条件的变化必然影响树冠叶幕对光的截获和利用,继而影响一系列与光有关的生理生化过程。前人对苹果(魏钦平等,2004;高登涛等,2007;张显川等,2007)、梨(王岱立和黄绍虎,2008;伍涛等,2008)和桃(鲁韧强等,2003)等树形、光照及果品产量质量间的关系都曾进行了不同研究,其中也涉及到对苹果原有树形改造的问题(张显川等,2007)。

本研究中拟通过不同树形对光合等相关因子的影响,从中获得相关科学依据,为确立大规模老梨园后续改造更新或转形换优的适宜树形提供参考。

## 1 材料与方法

试验于2010—2011年在河北省晋州市段庄梨园进行。梨园于2004年和2005年连续两年高接(面积3.33 hm<sup>2</sup>),高接树由原来的乔砧‘鸭梨’改为‘黄冠’,其中大部分树形由原来的多主枝疏散形调整为单层开心形、细纺锤形或双层开心形,仅留少量树进行必要的枝干疏理后在大致保持原形的基础上实施高接。全园技术管理水平基本相同,土壤为粉砂土,株行距4 m×5 m,树高3.4~3.9 m,树势健壮。

光强测定:用水平仪和TASI-631照度计点式探头,测量处理树不同层次、部位的光照强度和开阔地带的自然光强度,其比值作为其相对光照强度(透光率)。试验分4个处理区,各区试验处理均为随机排列,单株小区,3次重复。光强测定分东、南、西、北4个方向,再按不同树高和枝展纵横平分4段,确定各方向纵横交叉的点为光强测定点,即每株树单次测光点36个。测定时间定于叶幕形成初期(6月)至叶幕形成终期(8月),每月的5、15和25日测定,分8、11、14和17时4个时段定点进行,阴雨天顺延。

叶片光合参数测定:分别于6—8月中旬的10时和14时测定处理树叶片的光合参数,每月1次,所用仪器为CI-310(美国CID公司)。按东西南北4个方位各取内中和外上两点,外上点为垂直方向上部与中部连线中点和水平方向中部与外围连线中点的纵横交叉点,内中点为垂直方向下部与中部连线中点和水平方向内膛与中部连线中点的纵横交叉点。两测点按不同方向交叉互换位置,测其自然光下的净光合速率等相关参数。每树单次测定点8个,每点选3片叶重复测定后取均值。

叶片氮、磷、钾含量的测定:盛花后11周,采集光强测点附近果台枝上成熟无病虫害叶片(带叶柄),每株树采36片。全氮含量用凯氏定氮仪(behf S5)测定,磷和钾含量测定用紫外可见分光光度计(上海凤凰公司)和原子吸收分光光度计(日本岛津公司)。所用元素标准物质原液(1 000 mg·L<sup>-1</sup>)均购置于国家标准物质中心。

果实测定:于8月下旬统计不同树形试验树的单株产量。计算出平均株产后,按单位面积栽植的株数核算总产量,并测定果实的可滴定酸(碱式滴定法)和可溶性糖含量(冯吉等1989;李合生,2000)。

试验数据均应用DPS软件进行统计分析,采用新复极差法分析其差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同树形对树冠内透光率的影响

如表 1 所示，不同树形间树体的光通透性有很大差异。细纺锤形的上部 and 外围透光效果较好。由于细纺锤形树形枝展相对较小，因而树冠上部及外围的透光率较高。但是透光率并非是越高越好，一般透光率超过 35% 时，说明枝叶量不足，可能会影响产量，而透光率低于 20% 则会降低光合效果，产量和质量也会受到影响，所以采用细纺锤形时，在充分考虑到栽植密度的同时应注意调整枝展和树冠。

从不同树形各部位的透光效果来看，单层开心形在垂直方向的上、中、下层和水平方向的中部和内膛，透光率均最高。这说明开心形树体通过疏除中心干及其骨干枝后，树体形成杯状，树冠内膛枝叶量较其它 3 种树形相对较少，加上主要枝干基部仍存在一定的秃裸现象，中、下层的通风透光状况明显优于其它树形。

双层开心形各部位的透光率不如单层开心和纺锤形，但好于疏散形。一方面通过打开层间距后，树体周围不同方位的散射光通过层间可部分弥补冠内光照不足的缺陷，但另一方面由于上层枝叶的遮挡，限制了自然光直射冠内，因此双层开心形的冠内透光率仍显不足。

疏散形树体虽对过密骨干枝进行了改造清理，但剩余骨干枝仍处于交错生长状态，垂直间光路受到上层枝叶的阻挡，相互间光路又受到邻近枝叶的妨碍，虽然比未改造前的光照条件有一定改善，但透光率与其它 3 种树形相比明显较低。

表 1 不同树形对透光效果的影响  
Table 1 The effects of tree shapes on canopy transmittance /%

树形 Tree shape	垂直方向 Vertical			水平方向 Level			平均 Average
	上 Upper	中 Middle	下 Lower	外 Outer	中 Middle	膛 Inner	
单层开心形 Single open centre	43.2 a	36.6 a	35.0 a	28.8 b	35.8 a	39.1 a	36.5 a
细纺锤形 Tall-spindle	49.7 a	24.5 b	24.9 b	39.9 a	27.3 b	37.6 a	31.2 ab
双层开心形 Double open centre	32.4 b	23.5 b	19.5 c	28.3 b	23.1 bc	25.1 b	28.0 b
疏散形 Delayed-open centre	29.2 b	15.4 c	17.5 c	25.8 b	19.9 c	16.3 c	20.7 c

2.2 不同树形对光合作用的影响

单层开心形树冠类似高脚酒杯，树体内外同时受光，各部位的光合有效辐射和叶片净光合速率处于较高水平（表 2）。

细纺锤形由于自身冠幅小，且冠层薄，虽然外围枝叶部分影响了直射光对树冠中部和内膛的作用，但散射光到达内部的衰减程度小，所以冠层各部位的光合有效辐射和叶片净光合速率优于双层开心形和疏散树形。

双层开心形树冠外围的光照虽受影响不大，但冠内光照强度和透光率较差，因此冠内各部位叶片的正常光合能力仍会受到影响。

多主枝疏散形外围枝叶的光照条件虽比较正常，但冠内光照强度受到邻近枝叶相互间的制约，冠内叶片的光合效能明显较差，与前 3 种树形相比，全树的平均光合有效辐射和叶片净光合速率明显较低。

由此可看出，单层开心形光照通透性优势明显，细纺锤形稍次，而多主枝疏散形通风透光效果明显较差。从光合效能的综合指标看，单层开心和细纺锤树形表现最佳。

表 2 不同树形对光合效果及光强的影响  
Table 2 The effects of tree shapes on photosynthesis and light intensity

树形 Tree shape	光合有效辐射/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) Photosynthetic active radiation			净光合速率/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) Net photosynthetic rate		
	内部 Inner	外部 Outer	全树平均 Average	内部 Inner	外部 Outer	全树 Total tree
单层开心形 Single open centre	92.11 a	201.56 a	146.84 a	5.82 a	7.88 a	6.85 a
细纺锤形 Tall-spindle	84.57 a	205.32 a	144.95 a	5.66 a	7.89 a	6.78 a
双层开心形 Double open centre	50.54 ab	190.02 a	120.28 b	3.21 ab	9.80 a	6.51 a
疏散形 Delayed-open centre	28.85 b	171.83 b	100.34 c	1.83 b	8.32 a	5.08 b

2.3 不同树形对叶片营养及产能的影响

光照不良会影响叶片质量，不同树形间光合参数的差异，直接或间接地影响叶片本身的营养含量（徐志防 等，1999）。如表 3 所示，疏散形与其它 3 种树形比较，叶片鲜样质量以及叶片中氮和钾含量明显较低，说明由于该树形结构不同，各部位叶片的光合作用会受到不同程度的负面影响，抑制或阻碍了正常的营养代谢和物质运转，造成其营养和干物质偏低的结果。不同树形间叶面积、叶片厚度及磷含量无显著差异。

表 3 不同树形对叶片质量及养分含量的影响  
Table 3 The effects of tree shapes on leaf qualities and leaf nutrients of N P K

树形 Tree shape	鲜质量/g Fresh weight	干质量/g Dry weight	叶面积/ $\text{cm}^2$ Leaf area	叶厚/mm Leaf thickness	含量/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) Content		
					N	P	K
单层开心形 Single open centre	1.262 a	0.666 a	57.570 a	0.185 a	19.133 a	1.974 a	6.147 a
细纺锤形 Tall-spindle	1.180 ab	0.567 a	58.494 a	0.192 a	20.020 a	1.910 a	6.240 a
双层开心形 Double open centre	1.088 ab	0.516 a	51.470 a	0.167 a	17.757 a	2.045 a	4.919 a
疏散形 Delayed-open centre	0.953 b	0.490 a	51.984 a	0.152 a	15.193 b	2.081 a	5.704 b

2.4 不同树形对果实产量和品质的影响

由表 4 的调查统计结果看出，4 种树形的枝量构成基本相同。但是 4 种树形的产量存在显著差异（表 5）。以单位面积总产量为例，细纺锤、单层开心形、双层开心和疏散 4 种树形的产量比为 1 : 0.977 : 0.688 : 0.654，细纺锤形和单层开心形明显高于双层开心形和疏散形。枝多冠大的树形不但严重影响冠内透光率，而且由于常年光照不足导致内部结果枝组的持续衰弱甚至死亡，而小冠的细纺锤形和单层开心树形则充分利用了直射光和散射光，而且小冠树形主枝虽小但冠内的有效结果枝组健壮并持续衍生，单层开心树形枝展虽大但冠层较薄，有利于冠内叶片光合作用的充分发挥，因此细纺锤和单层开心树形的单位面积产量显著高于双层开心形和疏散形。

表 4 不同树形树体基本情况  
Table 4 The basic information of different tree shapes

树形 Tree shape	树高/m Height	干周/cm Perimeter of trunk	主枝数 Number of scaffold limb	枝展/m Spacing		总枝量 Total shoot number	短枝量 spur shoot number	短枝/总枝/% Spur shoot/ total shoot
				东西 East to west	南北 South to north			
单层开心形 Single open centre	3.40 a	67.97 a	5.77 b	4.20 a	3.90 ab	1 887 a	1 695 a	89.82 a
细纺锤形 Tall-spindle	3.65 a	63.87 a	11.57 a	2.93 c	2.47 c	1 974 a	1 856 a	90.04 a
双层开心形 Double open centre	3.57 a	66.93 a	7.63 b	3.97 b	3.53 b	2 093 a	1 829 a	87.41 a
疏散形 Delayed-open centre	3.90 a	65.80 a	8.23 a	4.33 a	4.03 a	1 982 a	1 713 a	86.43 a

表 5 不同树形对产量和品质的影响  
Table 5 Effects of different tree shapes on yield and fruit qualities

树形 Tree shape	优质果率/% Ratio of high quality fruit	单果 质量/g Weight per fruit	株产/kg Yield per tree	总产/ (kg·hm <sup>-2</sup> ) Yield	可溶性 固形物 /% SSC	果实硬度/ (kg·cm <sup>-2</sup> ) Fruit hardness	可滴定酸/ % Titratable acidity	可溶性糖/ (g·mg <sup>-1</sup> ) Soluble sugar	糖酸比/% Sugar-acid ratio
单层开心形 Single open centre	84.07 a	234.39 a	89.53 a	44 720.24 a	11.72 a	6.18 b	0.246 a	132.81 a	0.54 a
细纺锤形 Tall-spindle	83.33 a	218.72 a	91.67 a	45 789.17 a	11.65 a	6.63 ab	0.252 a	116.40 b	0.46 b
双层开心形 Double open centre	79.57 ab	198.94 b	63.06 b	31 498.47 b	11.36 ab	7.04 a	0.258 a	113.93 bc	0.44 bc
疏散形 Delayed-open centre	77.04 b	189.89 b	59.98 b	29 960.01 b	11.22 b	6.86 a	0.263 a	105.01 c	0.40 c

4 种树形中，双层开心形和疏散形的果实品质整体上不如另外两种树形（表 5），说明不同树形结构的冠层光照分布与树体枝量组成，直接影响着树冠内的通风透光和果实品质。

3 讨论

在田间条件下，光照强度和温度是影响光合强度的主要因子，光照影响光合作用的光反应（厉恩茂 等, 2008）。果树的树形不同，树冠内的微域气候条件和果实产量、品质就会存在明显差异（Buler et al., 2001; Widmer & Krebs, 2001）。具备良好通风透光条件的梨园，可以相对抑制梨树的顶端优势与直立优势，使树体内的营养分配趋于均衡（王岱立和黄绍虎, 2008）。光照不仅影响树体内的干物质生产，还与果实大小和可溶性固形物等商品性状密切相关。因此，如何改善树冠内的光照分布已成为生产优质果的关键（Widmer & Krebs, 2001）。

研究分析认为，整体高接转形的乔冠梨园，虽然树体高接后其树体健壮程度、树高、总枝量和管理水平大致相同，但不同树形的枝干构成和冠内层间枝量的疏密程度及冠幅的大小，直接影响了各部位的光照效果，导致相关的光合效率下降，造成叶片生产能力和营养含量以及果实产量和质量等差异显著，同时也说明树冠内不同层次与部位通透性状的优劣是左右梨果产量和品质至关重要的因素，而适宜的树形和冠幅则是确保梨园产量、品质和经济效益的重要基础。

研究同时认为，无论哪种树形，冠内透光率、叶片光合能力以及果实产量和品质的优劣，都与树体高度、密度、树冠开张与否、冠内层次疏密以及枝展宽窄等条件密不可分。树冠内部的光照受行向、树冠大小、树体结构、叶面积系数等因素的影响。因此，乔冠大树的整改换优，应以改善树体冠内的光照条件为重点，在注重直射光照条件的同时，散射光的作用亦不可忽视，密植梨园通过树形改造和疏通光路同样可以有效提高产量和品质。由于不同树形间树高、枝展、枝量配置和结构形成的差别，不同程度地影响了树体有效光合作用，直接或间接地阻碍了能量的补充和贮存，最终表现在果品产量、品质 and 经济效益的明显落差。

近年来，传统的大冠稀植梨园逐年改造更新，树形和栽培方式的改变势必影响冠层内的光分布。统计结果分析后认为，就树冠不同方向和层次的透光率、冠内光照总辐射量、产量和品质以及管理的难度和强度等综合指标而言，中小冠形的梨园高接换优选择细长纺锤形最佳，而乔砧大冠梨园的改造更新树形则以单层开心形为宜。

References

Buler Z., Mika A., Treder W., Chlebowska D. 2001. Influence of new training systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield, its quality and canopy illumination. *Acta Horticulturae*, 557: 253 – 259.

- Feng Ji, Zhu Yan, Tang Xin-shuo. 1989. New method for determination of suger in vegetables and fruits. *Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis*, 15 (3): 267 - 272. (in Chinese)
- 冯吉, 朱岩, 唐新硕. 1989. 改良的DNS法测定新鲜果蔬中的糖分. *浙江农业大学学报*, 15 (3): 267 - 272.
- Gao Deng-tao, Han Ming-yu, Li Bing-zhi, Zhang Lin-sen, Bai Ru. 2007. Canopy characteristics and light distribution in three types of apple orchards in Weibei area, Shaanxi Province. *Journal of Fruit Science*, 24 (3): 259 - 262. (in Chinese)
- 高登涛, 韩明玉, 李丙智, 张林森, 白茹. 2007. 渭北3种不同类型苹果园冠层特征及光照特性. *果树学报*, 24 (3): 259 - 262.
- Li He-sheng. 2000. The principle and technology of plant physiology and biochemistry test. Beijing: High Education Press. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社.
- Li Li, Zhang Yan-ru, Chang Li-min. 1992. The dry matter production and photosynthetic efficiency of two canopy shapes on Guoguang apple tree. *Acta Horticulturae Sinica*, 19 (2): 221 - 225. (in Chinese)
- 李丽, 张艳茹, 常立民. 1992. 国光苹果树两种冠形的光合效率和干物质生产. *园艺学报*, 19 (2): 221 - 225.
- Li En-mao, Yang Yang, Chen Feng, Zhai Heng. 2008. The light distribution of different tree shapes and light utilization in 'Fuji' apple tree. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 24 (10): 347 - 350. (in Chinese)
- 厉恩茂, 杨阳, 陈锋, 翟衡. 2008. 富士苹果不同树形的光能分布及利用. *中国农学通报*, 24 (10): 347 - 350.
- Lu Ren-qiang, Wang Xiao-wei, Guo Bao-lin, Liu Jun, Wei Qin-ping. 2003. Effects of light distribution on yield and fruit quality of Ruipan 5 flat peach variety trained in slanting central leader system. *Journal of Fruit Science*, 20 (6): 509 - 511. (in Chinese)
- 鲁韧强, 王小伟, 郭宝林, 刘军, 魏钦平. 2003. 桃树倾斜主干偏展形的光照分布与果实产量品质的关系. *果树学报*, 20 (6): 509 - 511.
- Wang Dai-li, Huang Shao-hu. 2008. Research on the productivity and early ripening of Cuiguan pear under different cultivated densities and different pruning means. *Northern Horticulture*, (7): 33 - 36. (in Chinese)
- 王岱立, 黄绍虎. 2008. 不同栽植密度与整形方式对翠冠梨早产丰产性研究. *北方园艺*, (7): 33 - 36.
- Wang Jian-xin, Niu Zi-mian, Li Zhi-qiang, Guo Ai-ping, Gao Hui-qing. 2011. Influences of different canopy structures on their relative light intensity and fruit quality of Naganofuji No. 2 apple. *Journal of Fruit Science*, 28 (1): 8 - 14. (in Chinese)
- 王建新, 牛自勉, 李志强, 郭爱萍, 高慧卿. 2011. 乔砧富士苹果不同冠形相对光照强度的差异及对果实品质的影响. *果树学报*, 28 (1): 8 - 14.
- Wei Qin-ping, Lu Ren-qiang, Zhang Xian-chuan, Wang Xiao-wei, Gao Zhao-quan, Liu Jun. 2004. Relationships between distribution of relative light intensity and yield and quality in different tree canopy shapes for 'Fuji' apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (3): 291 - 296. (in Chinese)
- 魏钦平, 鲁韧强, 张显川, 王小伟, 高照全, 刘军. 2004. 富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究. *园艺学报*, 31 (3): 291 - 296.
- Widmer A, Krebs C. 2001. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. *Acta Horticulture*, 557: 235 - 241.
- Wu Tao, Zhang Shao-ling, Wu Jun, Xiao Jia-xin, Wu Hua-qing, Liu Ji-xiang, Zhang Hua, Wu Gui-fa. 2008. Comparative studies on canopy structure characteristics, yield and fruit quality in horizontal trellis system and delayed-open central leader system of 'Hosui' pear tree. *Acta Horticulturae Sinica*, 35 (10): 1411 - 1418. (in Chinese)
- 伍涛, 张绍铃, 吴俊, 肖家欣, 吴华清, 刘吉祥, 张华, 吴桂法. 2008. 丰水梨棚架与疏散分层冠层结构特点及产量品质的比较. *园艺学报*, 35 (10): 1411 - 1418.
- Xu Zhi-fang, Luo Guang-hua, Wang Ai-guo, Chen Yi-zhu. 1999. Photoinhibition of photosynthesis and the metabolism of active oxygen in photosynthetic organs. *Plant Physiology Communications*, 35 (4): 325 - 330. (in Chinese)
- 徐志防, 罗广华, 王爱国, 陈贻竹. 1999. 光合作用的光抑制与光合器官的活性氧代谢. *植物生理学通讯*, 35 (4): 325 - 330.
- Zhang Xian-chuan, Gao Zhao-quan, Fu Zhan-fang, Fang Jian-hui, Li Tian-hong. 2007. Influences of tree form reconstruction on canopy structure and photosynthesis of apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (3): 537 - 542. (in Chinese)
- 张显川, 高照全, 付占方, 方建辉, 李天红. 2007. 苹果树形改造对树冠结构和冠层光合能力的影响. *园艺学报*, 34 (3): 537 - 542.