



王琰,李海伦,赵卫星,等苹果不同树形冠层特性季节变化规律和叶片质量及光合特性分析[J]. 黑龙江农业科学,2019(5):100-103.

苹果不同树形冠层特性季节变化规律和 叶片质量及光合特性分析

王 琰,李海伦,赵卫星,常高正,康利允,李晓慧,梁 慎,高宁宁

(河南省农业科学院 园艺研究所,河南 郑州 450002)

摘要:为提高苹果的产量和品质,选择合理树冠结构的优质树,本文以高纺锤形、自由纺锤形及开心形3种不同树形的苹果树为材料,对冠层特性季节变化规律、叶片质量及光合特性进行了测定和比较。结果表明:5-10月高纺锤形树冠天空可视度高于开心形和自由纺锤形,表明苹果树冠通风透光最好的为高纺锤形,其次为开心形和自由纺锤形。叶片质量最好的为高纺锤形,其次为开心形,自由纺锤形的最差。以光合有效辐射 $800 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 为界值,低于界值时,3种树形的净光合速率随光合有效辐射的增强而增大且变化一致,高纺锤形最高,开心形次之,自由纺锤形最低,高于界值时,净光合速率变化趋于稳定。

关键词:苹果;树形;天空可视度;光合特性

苹果是世界四大水果之一,总产量仅低于香蕉,柑橘类和葡萄,我国的苹果在栽培面积和产量上排世界第一位。近年来,我国苹果栽培为了其丰产性多采用密植栽培,枝量大,树冠郁闭,内膛光照不足,果实产量和品质低^[1]。通过改善树冠内部光照,选择合理树冠结构的优质树来提高苹果的品质,是我国苹果生产栽培中急待解决的关键问题。

果树冠层内光照强度是影响果实品质的一个重要因子^[2],而影响果树光合作用的因素包括外部因素和内部因素,外部因素包括温度、光照、水分、 CO_2 浓度等^[3-5]。而内部因素则包括品种^[6]、枝条和叶片等。冠层内合理的光照分布是决定果树品质和产量的重要因素,不同树形冠层叶片分布不同,而叶片分布是影响冠层内光照分布差异的主要因素^[7],因此对不同树形叶片密度、天空可视度、叶片质量及光响应的的评价有着重大现实指导意义。本试验以3种不同树形的苹果树为材料,对冠层特性季节变化规律、叶片质量及光合特性进行研究,为苹果树优质树体结构改造,提高果实品质和产量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 果树 本次试验的地点在陕西省凤翔县

的苹果专家大院果园,选取该果园11年龄的高纺锤形、开心形和自由纺锤形的礼泉短富苹果树各5株,其株行距分别为 $2.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ 、 $3.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ 和 $3.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ 。

1.1.2 仪器 英国 PP-Systems 公司 CIRAS-2 光合仪、LAI-2000 冠层分析仪、电子游标卡尺。

1.2 方法

1.2.1 冠层分层 以树体主干为轴,用竹竿搭成立方体 ($3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$),中间用竹竿分成 $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 的小立方体,以 75 cm 为一层,从树体下部第一主枝向上,依次分为上中下3层,具体参考王琰等^[8-9]的方法。

1.2.2 冠层特性季节变化规律的测定 5-10月的中旬,树体的冠层结构利用 LAI-2000 冠层分析仪进行测定。在无遮挡的情况下,用视角盖 90° ,对天空测一个数值作为对照设为 A,然后在树体主干周围的4个方向各测一个值设为 B,重复测3次。测得的数据用 FV-2000 软件分析其树叶密度和天空可视度,具体参考王琰等的方法^[8-9]。

1.2.3 叶片质量的测定 8月中旬,在新梢中间部位随机选取10片完整的果树叶,叶绿素含量测定采用丙酮浸提法,叶片含水量和比叶重采用烘干法进行测定,叶片厚度用游标卡尺进行测量,具体参考王琰等的方法^[8-9]。

1.2.4 叶片光响应的测定 在7月中旬,选一个晴天的上午进行,在树体外围找3~5片成熟的叶片,用 CIRAS-2 光合仪将 LED 红蓝光源的光强

收稿日期:2018-11-26

第一作者简介:王琰(1984-),男,硕士,研究实习员,从事果树学研究。E-mail:zvbvnwy@163.com。

通讯作者:高宁宁(1986-),女,博士,助理研究员,从事生物育种研究。E-mail:gnnzhu@163.com。

固定为 $2\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 之后依次降低 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 到值为 $400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 依次降低为 $300, 200, 100, 50, 0\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 测定不同光强下的净光合速率, 具体参考王琰等^[8-9] 的方法。

1.2.5 数据分析 树冠体积、树叶密度和天空可
视度利用冠层分析仪自带的 FV-2000 软件和 Excel 进行计算分析和作图, 其他数据利用 Excel 2010 进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 三种树形冠层特性的季节变化

苹果枝叶的生长发育与天空可视度及树叶密度的季节变化密切相关。由图 1 和图 2 得知, 5 月, 随着苹果新梢的生长发育, 树叶密度逐渐增大, 天空可视度随之降低; 6 月, 新梢的生长速度变缓, 但受苹果套袋影响, 其树叶密度持续增大, 天空可视度也逐渐下降; 7-9 月, 树冠的树叶密度趋于稳定, 而天空可视度仍稳步降低; 10 月, 由于果实除袋及落叶, 树叶密度略有降低, 天空可视度逐渐升高。

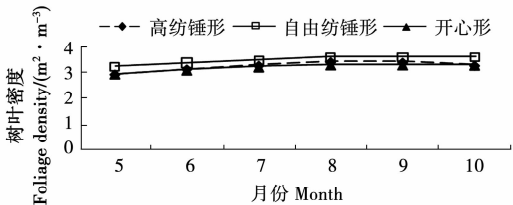


图 1 三种树形的树叶密度季节变化

Fig. 1 Seasonal variation of leaves density of the three different tree shapes

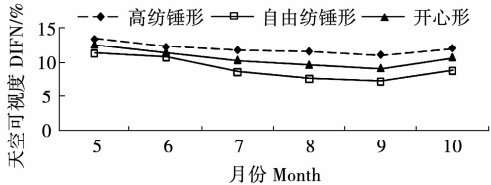


图 2 三种树形的天空可视度季节变化

Fig. 2 Seasonal variation of DIFN of the three different tree shapes

高纺锤形和开心形的树叶密度在 8 月达到最高峰, 其值分别是 3.43 和 $3.31\ \text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$, 然而自由纺锤形苹果树在 9 月树叶密度达最高 ($3.63\ \text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$), 5 月 3 种树形的天空可视度均达到最高值, 其中, 高纺锤形的最高, 为 13.3% 。5-10 月, 高纺锤形的天空可视度最高, 自由纺锤形最低。结果说明, 在苹果枝叶生长期间, 树冠通

风透光最好的为高纺锤形, 其次为开心形, 自由纺锤形的最差。

2.2 三种树形冠层的叶片质量差异

由图 3 可知, 3 种树形的树冠上层叶片叶绿素含量差异不显著, 开心形树冠中下层叶片叶绿素含量高于高纺锤形和自由纺锤形, 差异极显著, 高纺锤形和自由纺锤形之间无显著差异。

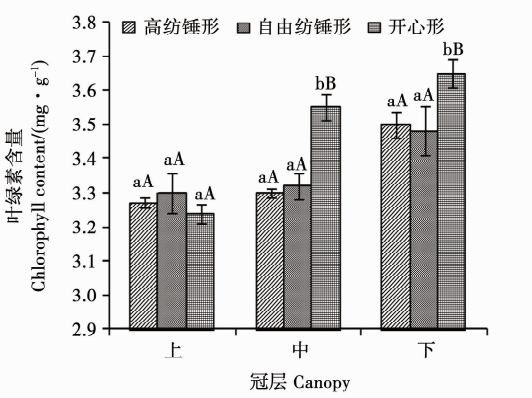


图 3 不同树形冠层叶片叶绿素含量

Fig. 3 Chlorophyll content of canopy of different tree shapes

从图 4 可以看出, 高纺锤形树冠上层叶片比叶重高于自由纺锤形和开心形, 且差异极显著, 自由纺锤形和开心形之间无显著差异; 开心形树冠中层叶片比叶重低于高纺锤形和自由纺锤形, 差异极显著, 高纺锤形和自由纺锤形无显著差异; 3 种树形树冠下层叶片比叶重差异极显著, 开心形的比叶重最大。

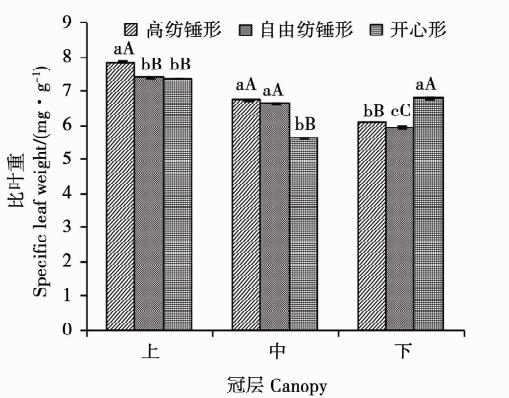


图 4 不同树形冠层叶片比叶重

Fig. 4 Specific leaf weight of canopy of different tree shapes

由图 5、图 6 可知, 3 种树形的叶片厚度差异不显著。3 种树形树冠上层和下层叶片含水量, 自由纺锤形显著高于高纺锤形和开心形; 树冠中层叶片含水量, 开心形极显著高于高纺锤形和自由纺锤形。

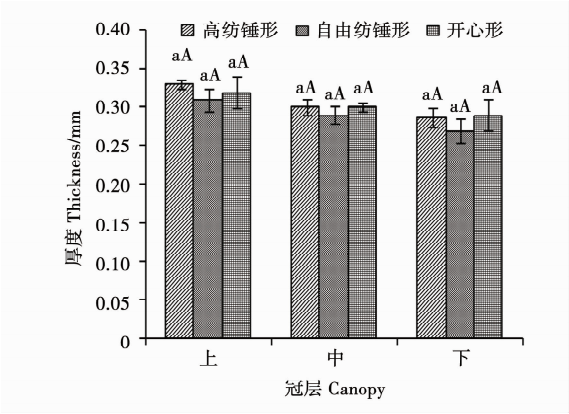
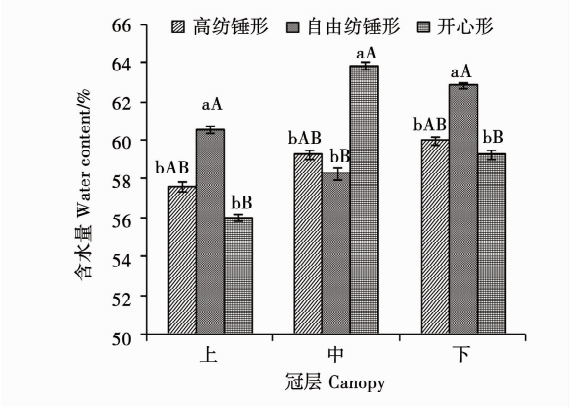


图5 不同树形冠层叶片厚度

Fig. 5 Leaf thickness of canopy of different tree shapes



不同大小写字母表示差异显著性($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。
Different capital and lowercase letters indicate significant difference($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。

图6 不同树形冠层叶片含水量

Fig. 6 Leaf water content of canopy of different tree shapes

由图3-图6可得出,3种树形树冠叶片叶绿素含量从下层到上层逐渐降低;高纺锤形、自由纺锤形的树冠叶片比叶重从下层到上层逐渐升高,开心形上>下>中;3种树形树冠叶片厚度从下层到上层逐渐增大。综上所述,高纺锤形的冠层叶片质量最好,开心形的冠层叶片质量次之,自由纺锤形的冠层叶片质量最差。

2.3 三种树形的光响应曲线

由图7可知,在一定的光照强度内,3种树形的净光合速率随光合有效辐射的增强而增大且变化一致,以光合有效辐射 $800\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 为界值,低于界值时,3种树形的叶片净光合速率大幅度上升;高于界值时,3种树形的净光合速率变化趋于稳定,高纺锤形最高,开心形居中,自由纺锤形最小,在光合有效辐射在 $2\,000\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,其净光合速率值最大分别为 $21.2, 19.9, 18.5\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

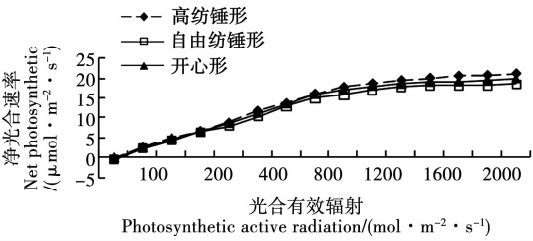


图7 三种树形的叶片光响应曲线

Fig. 7 Light response curves of the three different tree shapes

3 结论与讨论

提高果实品质产量是获得经济效益的关键,也是果树整形修剪的出发点和落脚点^[10]。研究表明,同样的条件下,整形修剪可以决定一半以上的果树经济效益^[11-12]。通过整形修剪可以改善树冠的通风透光条件,提高叶片光合效率,促进树体营养代谢和果实营养积累,进而提高果实品质及产量。低光照条件下,果树光合效率低,光合作用生成的营养物质无法满足树体消耗,进而影响到根系养分吸收及果实品质^[13-14]。不同树形的枝叶分布直接影响冠层的光照分布,枝叶量过大,树冠内膛的通风透光不足,果实品质降低;枝叶量过小,光合作用不足,果实产量下降^[15]。

通过试验研究发现,高纺锤形与自由纺锤形、开心形相比,树冠树叶密度小且天空可视度高,从而使树冠内膛通风透光良好,能够更好的利用光能。光合作用是提高果实品质及产量的重要因素,而树冠的枝叶结构与分布,对光合作用有显著影响^[16-17]。果实产量依靠光合作用制造和积累的有机产物,而光合作用是通过植物叶片完成,所以,叶片质量与光合作用有密切的关系。通常叶片质量越好,其叶片光合能力就越强,比叶重就越大,叶片就越厚,含水量就越低,叶绿素含量就越高。本试验3种树形冠层叶片的叶绿素含量自上层叶片到下层叶片逐渐降低;高纺锤形、自由纺锤形冠层叶片的比叶重自下层叶片到上层叶片逐渐升高,开心形比叶重上层>下层>中层;3种树形冠层叶片厚度自下层到上层逐渐增大。冠层中下层叶片的叶绿素含量,开心形极显著高于高纺锤形和自由纺锤形;冠层上层叶片比叶重,高纺锤形显著高于开心形和自由纺锤形,中层叶片比叶重,高纺锤形和自由纺锤形显著高于开心形,下层叶片比叶重,3种树形之间差异极显著;3种树形叶片厚度无显著差异;冠层中层叶片含水量,开心形极显著高于高纺锤形和自由纺锤形,因此得出高纺锤形的叶片质量略好于开心形,自由纺锤形的

叶片质量最差。

李伟明等研究发现,优良树形的特点是冠层表面积较大,冠层体积较小,通风好透光强^[18]。植物利用光能的大小直接表现在净光合速率的大小以及植物积累光合产物的量上^[19-20]。本研究发现 3 种树形的净光合速率随光合有效辐射的增强而增大,高纺锤形最高,开心形次之,自由纺锤形最低。光合有效辐射 $< 800 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 3 种树形的叶片净光合速率大幅上升;光合有效辐射 $> 800 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 3 种树形的净光合速率变化趋于稳定。

参考文献:

- [1] 李邵华,李明,刘国杰,等.直立中央领导干树形条件下幼年苹果树体生长特性的研究[J].中国农业科学,2002,35(7):826-830.
- [2] 陈锡龙,罗文文,韩明玉,等.纺锤形苹果树冠层不同区位叶片光合有效辐射积累与叶片质量关系的研究[J].果树学报,2013,30(6):952-957.
- [3] 吕献康,徐春华,舒小英.3种石斛的光合特性研究[J].中草药,2004,35(1):1296-1298.
- [4] 郑文君,范崇辉,韩明玉.不同天气对苹果叶片光合特性的影响[J].西北农业学报,2007,16(6):124-127.
- [5] Herrick J D and Thomas R B. Effects of CO₂ enrichment on the photosynthetic light response of sun and shade leaves of canopy sweetgum trees (*Liquidambar styraciflua*) in a forest ecosystem[J]. Tree Physiology,1999,19:779-786.
- [6] 刘庆忠,刘鹏,赵红军.同源四倍体皇家嘎啦苹果的生物学及光合生理特性研究[J].中国农业科学,2002,35(12):1573-1578.
- [7] 张黎,李丙智,张永旺,等.低接换头对苹果树体生长及叶片光合特性的影响[J].果树学报,2011,28(5):745-749.
- [8] 王琰.苹果不同树形树冠特性及其对果实产量和品质的影

响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.

- [9] 王琰,范崇辉,江道伟,等.苹果不同树形树冠特性和果实品质的比较[J].西北农业学报,2011,20(12):93-97.
- [10] 张双利.影响富士苹果着色的因素与增色措施[J].河北果树,2006(5):40-41.
- [11] 郭晓成,邓琴凤.桃树栽培新技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2005.
- [12] 傅耕夫,段良骅.桃树整形修剪[M].北京:农业出版社,1982.
- [13] 胡德玉,刘雪峰,何绍兰,等.郁闭柑橘园整形改造对植株冠层生理特性、产量和果实品质的影响[J].中国农业科学,2017,50(9):1734-1746.
- [14] 成果,陈立业,王军,等.2种整形方式对‘赤霞珠’葡萄光合特性及果实品质的影响[J].果树学报,2015,32(2):215-224.
- [15] 孙志鸿,魏钦平,杨朝选,等.改良高干开心形富士苹果树冠不同层次相对光照强度分布与枝叶的关系[J].果树学报,2008,25(2):145-150.
- [16] Wertheim S J, Wagenmakers J H, Bootsma, Groot M J. Orchard systems for apple and pear: conditions for success[J]. Acta Horticultural,2001,557:209-227.
- [17] Schultz H R. Extension of a farquhar model for limitations of leaf photosynthesis induced by light environment, phenology and leafage in grapevines (*Vitis vinifera* L cv. White Riesling and Zinfandel)[J]. Functional Plant Biology,2003,30: 673-687.
- [18] 李伟明,覃芳,李桂芬,等.一个数学模型在果树栽培学中的应用[J].果树学报,2006,23(1):129-132.
- [19] 徐德福,李应雪,郑建伟,等.不同基质对黄菖蒲光合特性及净化能力的影响[J].环境科学,2011,32(9):2576-2581.
- [20] 刘庆,李崇军,刘顺利,等.牛粪与秸秆发酵堆肥全部或部分替代草炭的研究[J].贵州农业科学,2007,35(2):57-59.

Analysis on Seasonal Canopy Characteristics Variation, Leaf Quality and Photosynthetic Characteristics of Different Apple Tree Shapes

WANG Yan, LI Hai-lun, ZHAO Wei-xing, CHANG Gao-zheng, KANG Li-yun, LI Xiao-hui, LIANG Shen, GAO Ning-ning

(Horticulture Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to improve the yield and quality of apples, and select the high-quality trees with suitable canopy structure, in this paper, high spindle, open center shape and freedom spindle Fuji Apple trees were used as the experiment materials, and the seasonal canopy characteristics variation, leaf quality and photosynthetic characteristics were measured. The results showed that the DIFN of high spindle shape was higher than the freedom spindle and open center shape from May to October, which demonstrated that the high spindle-shaped canopy environment on wind and light was the best, and then was the open center shape and the free spindle-shaped crown. The leaf quality of high spindle-shaped crown was the best, and then was the open center shape and the leaf quality of free spindle-shaped crown was the worst. The photosynthetic effective radiation of $800 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ was taken as the boundary value, and when below the threshold, the net photosynthetic rate of the three different tree shapes increased and varied with the increase of photosynthetic effective radiation, and the high spindle shape was the highest, then the open center shape, and that the freedom spindle shape was the lowest. And when above the threshold, the change of net photosynthetic rate tends to be stable.

Keywords: apple; shape; DIFN; photosynthetic characteristics