

富士苹果 3 种树形的树冠生态因子比较研究

李国栋, 张军科*, 苏渤海, 范崇辉, 韩明玉

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 树冠生态因子的研究对果树树形评价和优质丰产有重要的指导意义。本文利用冠层分格测定的方法对短枝红富士苹果低干开心形、小冠疏层形和自由纺锤形树型的冠层主要生态因子进行了比较研究。结果表明, 低干开心形树生长季枝量最小, 为 153 万条/hm², 冠层无效光区最小, 为 20.21%, 相对湿度和风速较大, 果实品质好; 小冠疏层形树生长季枝量为 158 万条/hm², 冠层无效光区为 24.32%, 相对湿度小, 风速大, 果实品质较好; 自由纺锤形树生长季枝量最大, 为 185 万条/hm², 冠层无效光区最大, 为 32.50%, 相对湿度最大, 风速最小, 果实品质较差。低干开心树形和小冠疏层树形树冠通风透光条件好, 利于生产优质果。自由纺锤树形须进行改形修剪, 减少枝量。

关键词: 红富士苹果; 树形; 枝量和枝类组成; 生态因子

中图分类号: S661.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7461(2008)01-0121-05

Comparative Study of the Ecological Factors in Different Tree Canopy Shapes for 'Fuji' Apple

LI Guo-dong¹, ZHANG Jun-ke, SU Bo-hai, FAN Chong-hui, HAN Ming-yu

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100 China)

Abstract: The research of the ecological factors in different tree shapes has an important guiding significance for tree shapes' evaluation and improving yield and quality. The effects of the ecological factors in small canopy shape, freedom spindle shape, low stem and open center shape for 'Fuji' apple trees were investigated by using separate compartment determination in different tree canopies. The results showed that the number of the branches in the low stem and open center shape was the smallest in growing season, 1 530 000 strip/hm². Its inefficacy light region was the lowest 20.21%, relative light intensity and wind speed were all strong, the fruit quality was better; the number of the branches in small canopy shape 1 580 000 strip/hm² in growing season, its inefficacy light region was 24.32%, relative humidity was low, wind speed was high, the fruit quality was good; the number of the branches in freedom spindle shape was the most, 1 850 000 strip/hm², its inefficacy light region was the most, 32.50% in growing season, relative humidity was the highest, wind speed was the lowest, the fruit quality is poor. Open stem and low center shape and small canopy shape had better light transmittance and ventilation conditions, suitable to improve the yield and quality of fruit production. Freedom spindle shape needed to be modified, pruned and reduced the quantity of branches.

Key words: 'Fuji' apple; shape; proportion of branch quantity and sorts; ecological factor

不同果树树形决定冠层的形状、大小及冠层生态因子状况。不同树形冠层内环境因子及其变化是果实生长发育的基础。我国对果树冠层生态效应的

研究起步较晚。李兴军等^[1]发现, 较多的紫外光和日照时数等条件有助于金冠苹果外观品质的提高。杨每宁等^[2]的研究表明, 开心形苹果树冠内风速较大,

收稿日期: 2007-05-23 修回日期: 2007-07-03

基金项目: 农业部 948 项目“优质出口苹果生产与加工技术引进与示范”(2006G-28); 农业部行业支撑计划项目(nybyzx07-024)

作者简介: 李国栋(1982-), 男, 山东济南人, 在读硕士, 研究方向: 果树生理生态研究。

* 通讯作者: 张军科(1969-), 甘肃灵台人, 副教授, 主要从事果树育种与生物技术研究。Email: zhangjk@nwsuaf.edu.cn

果实产量的品质较高。Ubi 等^[3]对 5 个早熟苹果品种研究得出,UV-B 和低温是苹果果实花青素积累的重要因素。魏钦平等^[4]研究发现富士苹果优质生产的最适相对光照强度范围为 40%~80%。前人对于果树冠层生态因子的研究仅限于同一树形的单个或不同的指标,对于不同树形的生态因子研究较少。本文通过对红富士苹果小冠疏层形、自由纺锤形、低干开心形 3 种不同树形冠层不同部位光照强度、UV-B、风速、温湿度等生态因子以及枝量和枝类组成等指标的测定,揭示不同树形对树冠微气候的影响,为果树合理的整形修剪、枝叶空间分布提供了理论依据。

1 材料与方法

试验于 2006 年 7~11 月在陕西渭南南部的扶风县黄堆镇东韩村果园进行。该园海拔 700 m,地势平坦,南北行向,砂质壤土,管理水平中等。苹果品种为短枝红富士,授粉品种新红星,株行距 2.5 m×3 m,树龄 12 a 生。在果园内选取小冠疏层形、自由纺锤形、低干开心形树各 5 株,树冠中等大小。从中再随机选取各 1 株,其余 4 株作为重复,所测数据取平均值。按照魏钦平等^[2]的方法将树冠分为 0.5 m×0.5 m×0.5 m 方格,纵轴上由树冠的底层开始,每升高 0.5 m 为 1 层,一般分为 4 层(分别为 F1、F2、F3、F4 4 层),横轴方向分内中外 3 层,内膛距中心干小于 0.5 m,中部一般距中心干 0.5~1.0 m,1.0 m 以外为外围^[5,6]。各树形数据测定均取平均值进行比较。

1.1 不同树形冠层微气候的测定

选择不同树形在树冠每个方格内用 3415QM 型手持光量子计测定光照强度;在不同树形树冠东南西北 4 个方向每个冠层中部位置用辐照计测定 UV-B;在不同树形冠层中部分别悬挂校正好的

ZJ1-2A 温湿度计自动记录树形温湿度变化;在不同树形树冠中部放置 CSAT3 三维风速仪,用指南针确定风速仪和树的标准方向,早、中、晚各测风速 1 次^[7,8]。在不同树形每个方格内用 TEL7001D 型 CO₂ 检测仪测定 CO₂ 浓度。果实品质测定在西北农林科技大学园艺学院生理实验室内进行。

1.2 不同树形冠层枝量和枝类组成的测定

11 月中下旬冬剪之前,对不同树形的枝量和枝类组成按照树冠的方格进行统计。长度<5.0 cm 的枝条为短枝,5.1~15.0 cm 的枝条为中枝,>15.1 cm 的枝条为长枝^[9]。

1.3 不同树形冠层果实品质的测定

10 月中旬果实采收期,对不同树形树冠每个方格内采果实 3~5 个,进行品质测定。用电子天平测单果重;用 GY-1 型果实硬度计测硬度;用 WYT-4 型糖量计测可溶性固形物;用滴定法测可滴定酸^[10];果实果面着色指数分 5 级:0 级不着色、1 级 1%~30%、2 级果 30.1%~60%、3 级 60.1%~90%、4 级 90.1%~100%,着色指数=Σ(各级果数×级数)/总果数。

2 结果与分析

2.1 不同树形的树冠结构特点和枝类组成

试验园为改形果园,树形结构不十分规范。小冠疏层形干高 35~60 cm、树高 2.4~2.8 m、冠径 2.5~3.0 m、全树主枝 5~7 个,分 2~3 层排列,各主枝角度较开张,为 60°~80°;自由纺锤形干高 50~60 cm、树高 2.6~3.0 m、冠径 2.5~2.9 m,中心干直立,其上均匀配置 6~8 个主枝,向四周伸展,无明显层次,下部主枝长,上部主枝短;低干开心形干高 60~80 cm,树高 2.2~2.6 m、冠径 2.5~3.0 m、主枝 5~6 个,主枝延伸角度平缓,树体结构开张,长势均衡,光照良好。

表 1 不同树形冠层枝量和枝类组成

Table 1 The branch quality and species composition of different shapes											条·株 ⁻¹				
冠层	小冠疏层形					自由纺锤形					低干开心形				
	短	中	长	合计	%	短	中	长	合计	%	短	中	长	合计	%
F1	352	101	162	615	52.1	236	83	53	372	26.9	264	59	76	399	29.6
F2	141	50	68	259	21.9	340	135	81	556	40.1	259	51	59	369	32.3
F3	107	28	35	170	14.4	140	47	30	217	15.7	234	42	54	330	28.8
F4	87	24	25	136	11.6	135	72	33	240	17.3	32	7	10	49	4.3
合计	687	203	290	1 180	100	851	337	197	1 385	100	789	159	199	1 147	100
%	58.2	17.2	24.6	100	100	61.4	24.4	14.2	100	100	68.8	13.9	17.3	100	100

不同树形树冠的枝量和枝类组成的空间分布及枝叶的密闭程度影响树冠内的光照分布、通风状况和温湿度等生态指标的变化。由表 1 可看出,自由纺锤形树总枝量最大为 1 385 条、185 万条/hm² 左右;小冠疏层形和低干开心形总枝量相当,分别为 1 180 和 1 147 条、158 万条/hm² 和 153 万条/hm²。从不同冠层枝量分布来看,小冠疏层形的枝量主要集中在 F1 层,自下而上逐层递减;自由纺锤形的枝量集中在树体的下部,F2 层最多;低干开心形 F4 层最少,其他 3 层枝量相差不大,也呈自下而上递减趋势。枝类组成小冠疏层形长枝比例为 24.6%,说明树势较旺;自由纺锤形长枝比例 14.2%为最小,中枝比例 24.4%为最高;低干开心形长枝比例居中为 17.3%,短枝比例最高为 68.8%。

2.2 不同树形冠层微气候

2.2.1 不同树形的光照分布 不同树形树冠的光照分布与树体枝量组成、不同枝类的空间分布和枝叶密闭程度密切相关,并且影响树冠内的通风透光、温湿度变化、花芽形成、开花座果和果实品质。因此,

光照分布是否合理是评价树形好坏最重要的生态指标^[11]。由图 1 可看出:3 种树形树冠的相对光照强度分布均呈现出由内到外、自下而上逐渐增高的趋势,F4 层外围最高,F1 层靠近树干处最低。低干开心形低于 30%相对光照强度的区域最小,相对光照强度集中在中部和上部;小冠疏层形低于 30%相对光照强度的区域稍大,各层分布均匀;自由纺锤形相对光照强度主要集中在 60%以下。一般认为树冠内相对光强<30%的区域为无效光区,30%~79%为适宜光合区,相对光强>80%的区域果实易发生日灼,使果面粗糙,外观品质下降^[12,13]。表 2 中,3 种树形的无效光区占整个树冠的比例低干开心形为 20.21%、小冠疏层形为 24.32%、自由纺锤形为 32.50%;适宜光合区小冠疏层形 64.56%、自由纺锤形 59.38%、低干开心形 63.16%;相对光强大于 80%的区域,小冠疏层形与自由纺锤形相当,低干开心形较大。综合比较认为低干开心形树冠光照条件优于自由纺锤形和小冠疏层形。

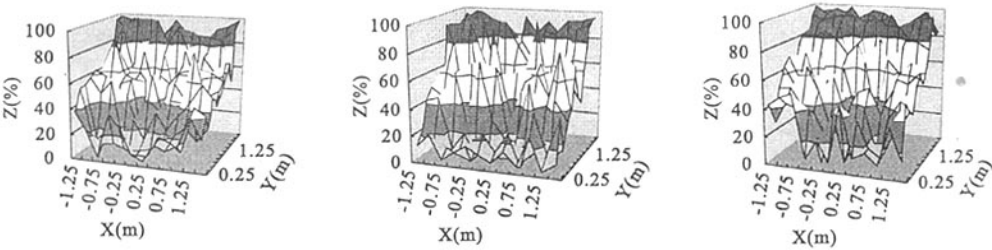


图 1 不同树形的相对光照分布图

Fig. 1 The relative light distribution map in different shapes

I 小冠疏层形 II 自由纺锤形 III 低干开心形

注: X 轴是树冠内某点到树干的距离, Y 轴是树冠内某点到 F1 层底面的距离, Z 轴是相对光照。

表 2 不同树形的相对光照强度

Table 2 The relative light intensity in different shapes				
树形/%	<30	30~59	60~79	>80
小冠疏层形	24.32	41.04	23.52	11.12
自由纺锤形	32.50	44.47	14.91	10.12
低干开心形	20.21	44.12	19.04	18.63

表 3 不同树形冠内 UV-B 的分布

Table 3 The distribution of UV-B in different tree shapes			
冠层	小冠疏层形	自由纺锤形	低干开心形
F1	683	823	916
F2	1 025	903	922
F3	963	1 029	1 290
F4	2 370	1 266	1 868

2.2.2 不同树形 UV-B 的变化 UV-B 的强弱同果实着色,花青苷含量甚至内在品质都有着重要的关系^[14]。不同树形树冠 UV-B 的强弱受果树枝量组成和树冠郁闭程度的影响。从表 3 可看出,自由纺锤形和低干开心形冠内 UV-B 从下到上逐渐升高,小冠疏层形 F2 层略大于 F3 层,原因可能是 F3 层枝叶较多,对 F2 层起到了遮蔽作用。自由纺锤形 UV-B 强度在树冠不同层间变化幅度较小。

2.2.3 不同树形风速和温湿度的变化 树冠内通风条件对果实品质的好坏有重要影响,提高树冠内风速,不仅可以加快果园空气流通和冠内 CO₂ 交流,有利于叶片的光合作用和花芽分化,而且会增大冠内的昼夜温差,降低冠内温度和相对湿度,提高果实可溶性固形物含量及果面光洁度和着色度^[15]。从

图 2、图 3 可看出,小冠疏层形冠内三维风速最大,在晚 20:00~8:00 时这段时间内,相对湿度最低;低干开心形冠内风速和相对湿度均居中;自由纺锤形

冠内风速最小,相对湿度最高。3 种树形树冠内的温度变化差异不明显。

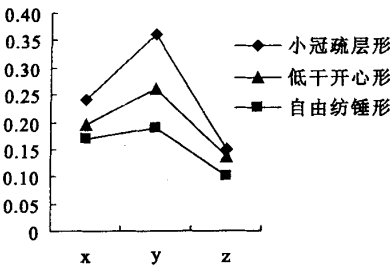


图 2 不同树形树冠内风速变化比较
Fig. 2 The comparison of wind speed in the canopy of different tree shapes

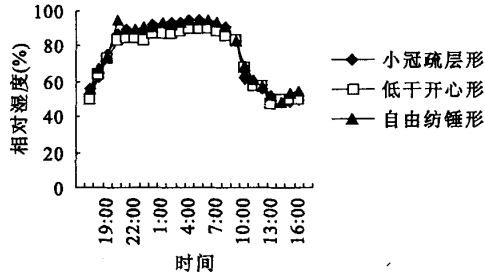


图 3 不同树形树冠内相对湿度变化趋势比较
Fig. 3 The comparison of changing relative humidity in different tree shapes

2.2.4 不同树形树冠内 CO₂ 浓度的变化 CO₂ 浓度的大小直接影响叶片光合作用的强弱。从表 4 中可以看出,3 种树形的 CO₂ 浓度自下而上有变小的

趋势,但幅度不大。低干开心形冠内的 CO₂ 浓度稍低于自由纺锤形和小冠疏层形。3 种不同树形树冠内、中、外部 CO₂ 浓度差异不明显。

表 4 不同树形树冠内 CO₂ 浓度

Table 4 The density of CO₂ in different tree shape mg · kg⁻¹

冠层	小冠疏层形			自由纺锤形			低干开心形		
	内	中	外	内	中	外	内	中	外
F1	446.1	445.8	446.2	443.7	443.9	443.1	437.6	438.5	438.8
F2	442.7	443.4	443.6	442.2	442.0	441.2	436.8	437.3	436.5
F3	444.6	444.4	444.9	440.7	440.7	440.5	439.0	436.8	435.2
F4	441.5	442.1	442.1	438.8	439.9	439.2	435.0	435.3	436.3
平均	443.7	443.9	444.2	441.4	441.6	441.0	437.1	437.0	436.7

2.3 不同树形果实品质比较

果实的单果重和着色指数是果实外观品质好坏的重要指标,由表 5 看出,3 种树形中,小冠疏层形的单果重最大,而且冠上果实比冠下的大;低干开心形单果重居中,冠上果实也比冠下的大;自由纺锤形单果重较小,树冠中部果实大于上部和下部。果实的着色指数由冠下到冠上逐渐升高,不同树形低干开心形较高,小冠疏层形居中,自由纺锤形稍差。

果实的内在品质包括果实的硬度、可溶性固形物和可滴定酸等。硬度是果实耐储性的重要的标志,低干开心形果实硬度较高,达 9.0 kg/cm²,小冠疏层形果实硬度居中,自由纺锤形的果实硬度较低;3 种树形的果实可溶性固形物含量整体趋势是由下到上逐层增大,低干开心形的较高,小冠疏层形含量略高于自由纺锤形;果实的可滴定酸含量,3 种树形均为中部略低,上部和下部稍高,不同树形之间的差异不大。

万方数据

表 5 不同树形冠层果实品质比较

Table 5 The comparison of fruit quality in different tree shape

冠层	树形	单果重 /g	着色 指数	硬度 /kg · cm ⁻²	可溶性固 形物 %	可滴定酸 %
F ₁	分层	222	3.59	8.7	14.4	0.48
	纺锤	184	3.55	8.3	14.3	0.44
	开心	203	3.62	8.2	14.8	0.49
F ₂	疏层	211	3.60	8.2	14.8	0.43
	纺锤	205	3.57	8.1	14.7	0.43
	开心	201	3.78	8.5	15.1	0.41
F ₃	疏层	228	3.65	8.2	15.0	0.44
	纺锤	203	3.67	7.9	14.9	0.41
	开心	221	3.77	9.0	15.9	0.43
F ₄	疏层	263	3.52	8.6	15.6	0.44
	纺锤	190	3.47	7.8	16.0	0.46

3 讨论与结论

苹果树形决定冠层的形状及冠层生态因子状况。Widmer 等研究认为,高干开心树形的光照分布

比较均匀,光辐射强度差异小,有利于苹果品质和产量的提高^[16]。杨每宁等的研究发现,开心形苹果树冠内风速较大,果实产量品质较高^[2]。据报道,树冠内光照差导致品质下降和产量降低^[4],冠层相对湿度低和风速较高对果面光洁、着色和减少病虫害有利^[2]。本试验结果表明,低干开心形树冠矮小,主枝数少,生长季总枝量小,改善了树冠内的光照条件,使冠层无效光区最小,为20.21%,相对湿度和风速较大,果实着色好,硬度和可溶性固形物含量高、品质优。小冠疏层形树冠也较小,主枝数较少,生长季总枝量小,光照条件好,冠层无效光区为24.32%,风速高,相对湿度小,果实单果重大,着色较好,硬度居中,可溶性固形物含量较高,品质较好。自由纺锤形树冠较大,主枝数多,生长季总枝量大,造成树冠郁闭程度加重,通风透光性差,冠层无效光区大,达32.50%,冠内UV-B强度和平均风速低,在晚20:00~8:00时冠内相对湿度大,单果重较小,果实着色和硬度较差,可溶性固形物含量较低。

综合比较认为,试验园低干开心形和小冠疏层形树冠通风透光好,果实品质优,适合于生产推广应用。高海拔、强光照地区,推广开心形树形应注意避免果实日灼现象的发生。而自由纺锤形郁闭程度较重,须进行改形修剪,减少枝量,才能提高产量和品质。

参考文献:

- [1] 李兴军,张光伦,刘谔山.生态因子对苹果着红色的生态效应[J].果树科学,2000,17(2):147-150.
- [2] 杨每宁,杨振伟,付友,等.红富士苹果不同冠形的微域气候对果实产量品质的影响[J].烟台果树,1999(3):67.
- [3] Ubi B E,Honda C,Bessho H,et al. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin; effect of UV-B and temperature [J]. Plant Science,2006,170(3):571-578.
- [4] 魏钦平,鲁韧强,张显川,等.富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究[J].园艺学报,2004,31(3):291-296.
- [5] 刘业好,魏钦平,高照全,等.富士苹果树3种树形光照分布与产量品质关系的研究[J].安徽农业大学学报,2004,31(3):353-357.
- [6] 张显川,高照全,舒先迁,等.苹果开心形树冠不同部位光合与蒸腾能力的研究[J].园艺学报,2005,32(6):975-979.
- [7] 张传来,赵兰枝,刘振威,等.果树塑料大棚主要生态因子变化规律研究[J].河南职业技术学院学报,2004,32(3):21-23.
- [8] 杨振伟,周延文,付友,等.富士苹果不同冠形微气候特征与果品质量关系的研究[J].应用生态学报,1998,9(5):533-537.
- [9] 张新生,郝宝峰,陈湖,等.负载量对沙地苹果品质及枝类组成的影响[J].河北果树,2002(5):7.
- [10] 高俊凤,孙群,梁宗锁,等.植物生理实验技术[M].北京:高等教育出版社,2001.163-166.
- [11] 魏钦平,王丽琴,杨德勋,等.相对光照强度对富士苹果品质的影响[J].中国农业气象,1997,18(5):12-14.
- [12] 任仲博,冯存良,袁春龙.光照条件和果台年龄对秦冠苹果商品品质的影响[J].西北农业学报,1995,4(1):74-79.
- [13] 任仲博,袁春龙,邢尤美,等.上层骨干枝枝型指数对乔化苹果内膛光照的影响[J].西北农业大学学报,1996,24(1):50-53.
- [14] 张微慧,张光伦.光质对果树形态建成及果实品质的生理生态效应[J].植物生理科学.2007,1.23(1):78-83.
- [15] Green S R, Greer D H, Wnsche J N. et al Measurements of light interception and utilization in an apple orchard[J]. Acta Hort, 2001,557:369-376.
- [16] Widmer A,Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of 'Golden delicious' and 'Royal Gala' apples[J]. Acta Horticulture,2001,557:235-241.