

红富士苹果改形过程中不同树形光照分布及其对产量品质的影响

苏渤海,范崇辉,李国栋,张军科,韩明玉

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】探讨陕西渭北苹果产区红富士苹果树改形过程中,不同树形的光照分布及其对产量品质的影响,为红富士苹果改良筛选优质树形。【方法】试验以 13 年生改良的自由纺锤形、小冠疏层形和中干开心形红富士果树为试材,测定了不同树形冠层的光照分布、果实产量和相关品质指标。【结果】自由纺锤形、小冠疏层形和中干开心形 3 种树形无效光区占整个树冠的比例分别为 30.16%,26.54%和 24.38%,单株产量分别为 34.2、37.5 和 40.7 kg,其中中干开心形树冠的无效光区最低,其产量较自由纺锤形和小冠疏层形高 19.0%和 8.5%,且其果实单果质量、果面着色指数、花青苷含量、可溶性固形物含量均高于自由纺锤形和小冠疏层形。【结论】在陕西渭北苹果产区,中干开心形树形冠层光照分布良好,有利于提高果实的品质和产量,果实大、着色好,品质优,优质丰产效果好于自由纺锤形和小冠疏层形,是优质苹果生产优先选择的树形。

【关键词】 红富士;果树树形;光照分布;产量品质

【中图分类号】 S661.105+.1 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)01-0158-05

Effects of modifying between light distribution,yield and quality of different shapes on “Red Fuji” apple

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

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

Abstract: 【Objective】 This passage discusses the effects of modifying between light distribution and yield and quality of different shapes on “Fuji” apple in the Weibei of Shanxi,to select good quality shape for “Fuji” apple. 【Method】 With freed spindle shape,small and sparse canopy shape and open stem and middle center shape as trial trees,these shapes trees are 13-yesrs,and mensures between light distribution and yield and quality of different shapes’ canopy for apple wese tested. 【Result】 The freed spindle shape,small and sparse canopy shape and open stem and middle center shape’s proportion of inefficacy light region were 30.16%,26.54% and 24.38% respectively,and the output were 34.2,37.5 and 40.7 kg of respectively per tree,the inefficacy light region of open stem and middle center shape is low,but the output in open stem and middle center shape is higher than freed spindle shape and small and sparse canopy shape’s by 19.0% and 8.5%,and fruit quality,color,anthocyanidinn contents and soluble solids are better than freed spindle shape,small and sparse canopy shape. 【Conclusion】 In apple production areas of Weibei of Shaanxi province,the open stem and middle center shape’s light distribution is beneficial to improve fruit of quality and yeild,fruit size,good colouring,and quality excellent,good qualityand abundant production better than

* 【收稿日期】 2007-01-25
 【基金项目】 农业部“948”项目“优质苹果生产与加工技术引进与示范”(2006G-28);农业行业计划支撑项目(nyhyzx07-024)
 【作者简介】 苏渤海(1981—),男,陕西户县人,在读硕士,主要从事果树生理研究。
 【通讯作者】 范崇辉(1956—),男,陕西礼泉人,教授,主要从事果树生理生态研究。

freed spindle shape, small and sparse canopy shape. So open stem and middle center shape is priorior selection of tree shape high quality apples production.

Key words: “Red Fuji” apple; fruit shape; light distribution; yield and quality

我国是世界苹果生产大国,苹果栽培面积达 190 万 hm^2 ,产量达 2 110 万 t,分别占世界苹果栽培面积和产量的 2/5 和 1/3^[1]。但由于果实品质差,优果率低,外贸内销不畅,严重影响了苹果生产的发展。因此,提高果实品质是增强我国苹果市场竞争力和提高经济效益的关键^[2-6]。苹果品质与树冠内的光照分布有密切关系,光照不但影响树体的干物质生产,而且还影响果实的大小、色泽、风味和产量,如何改善树冠内的光照分布是丰产优质的关键之一^[7-10]。近年来,魏钦平等^[11]研究了富士苹果高干开心形和不同方法改良的高干开心形树冠内相对光照强度、果实产量及品质的关系,结果表明改良的高干开心形树形可使产量提高 20%,且果实品质更优。徐胜利等^[12]研究了 6~7 年生篱壁式红富士苹果叶幕光照分布及结果部位对果实品质的影响,结果表明篱壁形叶幕光照垂直分布和水平分布的日变化相对均衡,树冠内未产生无效光区;品质垂直分布和水平分布与光照垂直分布和水平分布呈极显著正相关。总的来看,现有的关于光照分布对果实品质影响的研究只是针对同一种树形改造为其他树形而进行的,尚缺少不同树形间的比较研究。本试验在陕西渭北苹果产区,研究了 3 种不同树形光照分布对苹果产量和品质的影响,旨在比较中干开心形、小冠疏层形和自由纺锤形这 3 种树形冠层光照分布及果实产量与品质的差异,以期为优质苹果生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

试验于 2006 年在陕西延安市洛川苹果试验场进行,该园海拔 1 090 m,苹果品种为红富士,株行距 3 m×4 m,树龄 13 年。土、肥、水管理较好,并且采用了果实套袋和铺设反光膜技术措施。选自由纺锤形(Ⅰ)、小冠疏层形(Ⅱ)和中干开心形(Ⅲ)红富士苹果树各 5 株,以树干为中心,按照魏钦平等^[11]的方法将树用竹竿围成 3 m×3 m×3 m 的正方体,中间再用竹竿分成 0.5 m×0.5 m×0.5 m 的立方体,从下部第一主枝向上 50 cm 为 1 层,依次分出第 2, 3, 4 层。在 7 月底和 10 月初选择晴天,用 3415QM 型手持光量子计测量不同树形冠层每个方格内的光

照强度。10 月上旬采收不同树形的果实,统计不同树形树冠每个方格内的果实个数并计算产量。另在每个方格内采收果实 3~5 个,运回实验室测定其品质指标。

1.2 果实品质指标及其测定方法

1.2.1 单果质量 单果质量用电子天平测定。

1.2.2 果形指数 用游标卡尺测出果实的纵、横径并计算果形指数。

1.2.3 果实着色指数 果实着色的分级标准为 5 级:0 级,果面不着色;1 级,果面着色 1%~30%;2 级,果面着色 30.1%~60%;3 级,果面着色 60.1%~90%;4 级,果面着色 90.1%以上。按“着色指数= Σ (各级果数×级数)/总果数”计算果实着色指数。

1.2.4 果面光洁指数 果面光洁指数的分级标准为 4 级:1 级,果面粗糙如同未套袋果;2 级,果面较粗糙,色较暗;3 级,果面较光滑;4 级,果面光洁细腻。按“光洁指数= Σ (各级果数×级数)/总果数”计算果面光洁指数。

1.2.5 果面果锈指数 果面果锈指数的分级标准为 5 级:0 级,果面无锈斑;1 级,果面有 0.5 cm^2 以下锈斑;2 级,果面有 0.5~1.0 cm^2 锈斑;3 级,果面有 1.0~2.0 cm^2 锈斑;4 级,果面有 2.0 cm^2 以上锈斑。按“果锈指数= Σ (各级果数×级数)/总果数”计算果面果锈指数。

1.2.6 果皮叶绿素、花青苷含量 用比色法^[13]测定。

1.2.7 果实硬度 用 GY-1 形硬度计测定。

1.2.8 可溶性固形物含量 用 WYT-4 形糖量计测定。

1.2.9 可滴定酸含量 用滴定法^[14]测定。

2 结果与分析

2.1 3 种树形树冠的结构特点

试验园为改形果园,树形结构不十分规范,改良的自由纺锤形干高 1.3~1.4 m,冠径 2.5~3.0 m,树高 3.0~3.5 m;6~8 个主枝螺旋式分布在中干上,下部主枝长,上部主枝短;主枝开张角度为 70°~90°。改良的小冠疏层形干高 1.1~1.2 m,冠径 2.5~3.0 m,树高 2.5~3.0 m;中心干上有主枝 5~

6 个,分 2~3 层排列,第 1 层主枝有 3 个,第 2 层有 1~2 个,第 3 层有 1 个;主枝开张角度为 70°~80°。改良的中干开心形干高 1.2~1.3 m,冠径 3.0~3.5 m,树高 2.5~3.0 m;3~5 个主枝,延伸角度平缓,树体结构开张,长势均衡。

2.2 3 种树形树冠内的光照分布

不同树形树冠的光照分布主要与树体枝量组成、不同枝类的空间分布和枝叶密闭程度直接相关,并且影响着树冠内的通风透光、温湿度变化、花芽形成、开花座果和果实品质等^[15]。一般认为,树冠内相对光照强度小于 30%的区域为无效光区,而大于 80%的相对光照强度容易造成日灼和果面粗糙,导

致果实的外观品质下降。试验中发现,3 种树形的光照强度变化均由内到外、由下到上逐渐升高(数据未列出)。从表 1 可以看出,3 种树形中,中干开心形相对光照强度小于 30%的无效光区占整个树冠的比例最低,相对光照强度大于 80%强光区的比例最高,30%~80%有效光区的比例也最高,为 55.03%,整个树冠光照良好;自由纺锤形无效光区比例最高,强光区比例也较高,而 30%~80%有效光区比例最低,为 50.02%,树冠光照相对较差;小冠疏层形无效光区和 30%~80%的有效光区比例居中,强光区比例较小,树冠光照分布相对较好。

表 1 3 种树形树冠内相对光照强度的分布

Table 1 Proportion of light distribution of 3 different shapes and canopies				%
树形	相对光照强度 Relative light radiation intensity			
Shape	<30%	30%~59%	60%~80%	>80%
I	30.16	31.27	18.75	19.82
II	26.54	37.46	17.29	18.71
III	24.38	37.35	17.68	20.59

2.3 3 种树形的果实产量与品质

2.3.1 不同冠层的果实产量 由图 1 可以看出,3 种树形中以中干开心形的单株产量最高,为 40.7 kg;小冠疏层形次之,为 37.5 kg;自由纺锤形最低,为 34.2 kg。不同树形不同冠层的产量也有差异,中干开心形果实产量主要分布在第 1~2 层,为 31.1 kg,占单株产量的 76.4%。自由纺锤形果实产量以第 1 层最高,为 12.0 kg,占单株产量的 35.1%,第 2~4 层产量比较均衡。小冠疏层形果实产量也以第 1 层最高,为 16.4 kg,占单株产量的 43.7%,第 2~3 层产量基本一致。

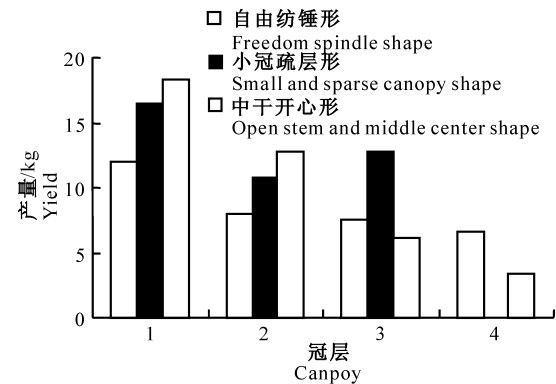


图 1 3 种树形不同冠层果实产量的分布

Fig.1 Yield distribution of three different shapes

2.3.2 不同冠层的果实品质 (1)单果质量。从表 2 可以看出,不同树形不同冠层的平均单果质量为

146~179 g,但同一冠层均以小冠疏层形的单果质量最小,中干开心形和自由纺锤形第 1,2,4 冠层单果质量相近,只在第 3 冠层间差异极显著($P<0.01$)。(2)果形指数。不同树形果实的果形指数为 0.86~0.91,差异均不明显($P>0.05$),说明不同树形对不同冠层果实的果形指数影响不大。(3)果实着色指数。不同树形果实着色指数中,以小冠疏层形第 2 层果实的着色指数最低,与中干开心形第 2 层果实着色指数差异显著($P<0.05$),其他冠层不同树形间果实着色指数的差异均不显著($P>0.05$)。(4)果面光洁指数。不同树形不同冠层果实的光洁指数均无明显差异($P>0.05$),说明树形对果面光洁指数几乎没有影响。(5)果面果锈指数。不同树形果实的果锈指数以中干开心形最小,自由纺锤形次之,小冠疏层形最大,小冠疏层形果实的果锈指数与自由纺锤形和中干开心形果实果锈指数的差异达极显著水平($P<0.01$),自由纺锤形与中干开心形第 1,4 层果实果锈指数的差异达显著($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$)。(6)果皮叶绿素、花青苷含量。不同树形不同冠层果实叶绿素含量无明显差异($P>0.05$),除第 1 层外,果实花青苷含量以中干开心形最高,以小冠疏层形最低,中干开心形的花青苷含量与自由纺锤形和小冠疏层形的差异达显著($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$),自由纺锤形的花青苷含量与小冠疏层形的差异也达到显著水平($P<0.05$),可见中干开心形能够提高果皮的花

青苷含量。(7)果实硬度。不同树形的果实硬度为 9.1~9.6 kg/cm²,第 1,4 层间差异不显著($P>0.05$),自由纺锤形第 2 层果实的硬度显著高于小冠疏层形和中干开心形,第 3 层果实的硬度以自由纺锤形和小冠疏层形显著高于中干开心形。(8)可溶性固形物含量。除第 1 层外,不同树形果实的可溶

性固形物含量以中干开心形最高,自由纺锤形次之,小冠疏层形最低,小冠疏层形与自由纺锤形和中干开心形差异达显著水平($P<0.05$),同一树形果实的可溶性固形物含量均随冠层的升高而增加,以上部高于中下部。(9)可滴定酸含量。果实可滴定酸含量在 3 种树形间无明显差异($P>0.05$)。

表 2 3 种树形不同冠层果实品质的差异
Table 2 Variation of fruit quality of different shape in different canopy

冠层 Canopy	树形 Shape	单果质量/g Fruit weight	果形指数 Fruit index	着色指数 Surface index	光洁指数 Finish index	果锈指数 Fruitrust index	叶绿素/ (mg·g ⁻¹) Chlorophyll	花青苷/ (mg·g ⁻¹) Anthoc yanidin	硬度/ (kg·cm ⁻²) Firmness	可溶性 固形物/% Soluble solids	可滴定酸/% Titratable acidity
1	I	162 aA	0.88 aA	3.90 aA	3.44 aA	2.86 aAB	0.031 aA	0.53 aA	9.1 aA	13.9 aA	0.27 aA
	II	148 bB	0.86 aA	3.91 aA	3.41 aA	3.00 aA	0.034 aA	0.48 aAB	9.3 aA	13.3 bA	0.34 aA
	III	169 aA	0.87 aA	3.94 aA	3.14 aA	2.32 bB	0.030 aA	0.36 bB	9.3 aA	13.8 aA	0.36 aA
2	I	168 aA	0.91 aA	3.67 abA	3.33 aA	2.56 bB	0.041 aA	0.48 aAB	9.3 aA	14.0 bAB	0.29 aA
	II	146 bB	0.88 aA	3.37 bA	3.27 aA	3.24 aA	0.046 aA	0.34 bB	9.1 bA	13.6 cB	0.32 aA
	III	173 aA	0.91 aA	3.77 aA	3.17 aA	2.37 bB	0.037 aA	0.52 aA	9.1 bA	14.5 aA	0.35 aA
3	I	156 bB	0.89 aA	3.88 aA	3.16 aA	1.98 bB	0.034 aA	0.50 abAB	9.6 aA	14.2 bA	0.32 aA
	II	154 bB	0.90 aA	3.89 aA	2.99 aA	3.15 aA	0.038 aA	0.41 bB	9.3 bAB	14.2 bA	0.32 aA
	III	179 aA	0.88 aA	3.89 aA	3.15 aA	1.97 bB	0.031 aA	0.58 aA	9.1 cB	14.7 aA	0.36 aA
4	I	177 aA	0.88 aA	3.98 aA	3.38 aA	1.38 bB	0.028 aA	0.52 aA	9.4 aA	14.3 bB	0.40 aA
	III	172 aA	0.86 aA	3.96 aA	2.96 aA	2.20 aA	0.026 aA	0.62 aA	9.6 aA	15.3 aA	0.38 aA

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Numbers followed by the small letter within column are significantly different ($P<0.05$), numbers followed by the capital letter within column are extreme significantly different and($P<0.01$)。

由以上分析可知,不同树形不同冠层果实的平均单果质量、着色指数、花青苷含量、硬度和可溶性固形物含量均有随冠层上升而增大的趋势,而果锈指数和叶绿素含量则相反,光洁指数、果形指数和可滴定酸与冠层的关系不明显。

3 讨 论

苹果树形与光能利用效率密切相关,光能利用效率的高低主要取决于光照在果树叶幕结构上的分布。Widmer 等^[5]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。Buler 等^[16]认为,高干开心形树形的光分布和苹果品质优于主干形。魏钦平等^[11]认为,高干开心形改变了树体结构,减少了总枝量,调节了枝类组成,改善了树冠内的光照条件和光照分布状况,使优质果比率极显著高于小冠疏层形。本研究结果表明,中干开心形无效光区小,有效光区明显高于自由纺锤形和小冠疏层形,果实产量高、品质优。这再一次证明开心形树冠光照分布良好,有利于提高果实的品质和产量。

开心形树形在日本苹果生产中应用广泛,多乔

砧稀植,但进入盛果期历时较长,需 10 年以上,因此生产上常用乔砧中密度主干形栽培,10 年生后进行树形改造,最终改为开心形^[17]。近年来,我国从日本引进了苹果开心形树形管理技术,对生产上大面积应用的小冠疏层形和纺锤形树形进行了改造。魏钦平等^[11]将小冠疏层形改造成高干开心形,取得了优质丰产的效果。我国苹果多以乔砧密植栽培为主,10 年生以上树龄的果园普遍密闭,果园光照不良,将原有的自由纺锤形或小冠疏层形改良为开心形非常必要。但需要说明的是,开心形果树的改造不能一次到位,应先改造为改良的自由纺锤形或改良的小冠疏层形,再逐步改造为开心形,共需要 5~10 年时间。本试验也表明,在陕西渭北苹果产区,中干开心形优质丰产效果好于自由纺锤形和小冠疏层形,因此,开心形树形值得在盛果期的乔化苹果园中推广应用。

[参考文献]

[1] 刘凤之,汪景彦,王宝亮.我国果树生产现状与果业发展趋势[J].中国果树,2005(1):51-53.
Liu F Z,Wang J Y,Wang B L.Fruit tree production status and

fruit industry development trend in China[J]. China Fruits, 2005(1):51-53. (in Chinese)

[2] 文颖强,马锋旺.我国苹果套袋技术应用与研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(2):106-110.
Wen Y Q, Ma F W. An advance in application and study of apple bagging technology in China[J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2006, 34(2):106-110. (in Chinese)

[3] 李慧峰,吕德国,秦嗣军,等.我国苹果产业现状及其可持续发展对策[J].沈阳农业大学学报:社会科学版,2005,7(2):77-78.
Li H F, Lv D G, Qing S T, et al. Apple industry current situation and sustainable development strategy in China[J]. Social Journal of Shenyang Agricultural University: Social Science Edition, 2005, 7(2):77-78. (in Chinese)

[4] 李丙智,阮班录,君广仁,等.改形对红富士苹果树体光合能力及果实品质的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(5):124-127.
Li B Z, Ruan B L, Jun G R, et al. Effects of modifying tree form on photosynthetic ability and fruit quality of red Fuji apple[J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2005, 33(5):124-127. (in Chinese)

[5] 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.

[6] 魏钦平,李嘉瑞,束怀瑞.苹果品质与生态因子关系的研究[J].山东农业大学学报,1998,29(4):116-120.
Wei Q P, Li J R, Su H R. Relationships between fruit quality and ecological factors in apple[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 1998, 29(4):116-120. (in Chinese)

[7] 李丽,张艳茹,常立民.“国光”苹果树两种冠形的光合效率和干物质生产[J].园艺学报,1992,19(2):221-225.
Li L, Zhang Y R, Chang L M. A study on the photosynthetic efficiency and dry matter production of two crown-shapes of ‘Rails’ apple trees[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1992, 19(2):221-225. (in Chinese)

[8] 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.
Wei Q P, Wang L Q, Yang D X, et al. Effect of relative light intensity on fruit quality of “Fuji apple”[J]. Journal of Agricultural Meteorology in China, 1997, 18(5):12-14. (in Chinese)

[9] 任仲博,袁春龙,邢尤美,等.上层骨干枝枝形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.
Ren Z B, Yuan C L, Xing Y M, et al. The influence of upper scaffold branch index on the interior light exposure within apple tree canopy[J]. Journal of Northwest Agricultural University, 1996, 24(1):50-53. (in Chinese)

[10] 杨每宁,杨振伟,傅友,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):6-7.
Yang M N, Yang Z W, Fu Y, et al. Effects of difference canopy microzone climate for fruit yield and quality in Fuji[J]. Yantai Fruits, 1999(3):6-7. (in Chinese)

[11] 魏钦平,鲁初强,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):9-14.
Wei Q P, Lu R Q, Zhang X C, et al. Relationships between distribution of relative light intensity and yield and quality in different tree canopy shapes for ‘Fuji’ apple[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(3):9-14. (in Chinese)

[12] 徐胜利,陈小青,李绍华.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].北方果树,2002(1):4-6.
Xu S L, Chen X Q, Li S H. Light distribution and setting fruit position on quality of “Red Fuji” apple trees trained in hedgerow[J]. Northern Fruits, 2002(1):4-6. (in Chinese)

[13] 高俊凤.植物生理实验技术[M].北京:北京高等教育出版社,2001.
Gao J F. Plants physiology experimental technique[M]. Beijing: Beijing Higher Education Press, 2001. (in Chinese)

[14] 西北农业大学.基础生物化学实验指导[M].西安:陕西科技出版社,1985.
Northwest Agricultural University. Basic biochemical experimental direction[M]. Xi’an: Science and Technology Press, 1985. (in Chinese)

[15] 张新生,郝宝锋,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):9.
Zhang X S, Hao B F, Chen H, et al. Effects of carrying capacity between quality and branch building in Shadi apple[J]. Hebei Fruits, 2002(5):9. (in Chinese)

[16] Buler Z, Mika A, Treder W, et al. Influence of new training systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield, its quality and canopy illumination[J]. Acta Horticulturae, 2001, 557:253-259.

[17] 李作轩.日本苹果传统的栽培方式与新的栽培方式[J].北方果树,1999(2):2-5.
Li Z X. Traditional cultural pattern and new cultural pattern in Japan apples[J]. Northern Fruits, 1999(2):2-5. (in Chinese)