

富士苹果垂柳形树冠光照参数与果实品质的关系

张晶楠^{1,2}, 张淑燕¹, 孙培琪¹, 刘婧¹, 王杰³, 李宪利^{1,2}

(¹山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018; ²作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018;

³福建农林大学园艺学院, 福州 350002)

摘要:以垂柳形红富士苹果为试材,利用树冠分格法系统研究了红富士苹果采用垂柳形树形整形后的树体光照分布状况,光照分布与果实产量品质的关系,结果表明:垂柳形苹果树冠内光照分布从上到下、从外到内相对光强递减,水平方向分布从树冠内膛到外围差异较小,无效光区和高光区所占比例相对较小,仅占20.56%,其树形在相对光照方面优于其他树形。处于不同叶幕部位的叶片,其叶绿素含量、净光合速率和比叶重与光照分布情况在一定范围内呈现出一致性,说明光照分布对树体的叶绿素含量、净光合速率和比叶重的影响较大。果实品质垂直和水平分布也与光照垂直和水平分布呈极显著正相关,树冠中、上层和中、外部为高品质分布区;果实质量、果实含水量、可溶性固形物、可溶性糖含量、固酸比、糖酸比、果实硬度和可滴定酸含量在同一树冠的不同部位最大差异幅度分别达到81.31%、2.25%、13.79%、36.69%、174.12%、230.04%、22.49%和140.68%,均达到极显著差异;对果实着色方面影响也较大。该研究中,垂柳式苹果树形的果实可溶性固形物及可溶性糖含量平均可达到15.61%和24.18%,果实品质与着色均优于其他树形。

关键词:垂柳形;富士苹果;光照分布;果实品质

中图分类号:S3

文献标志码:A

论文编号:2009-1936

Relationship Between the Distribution of Light and Fruit Quality of Weeping Willow Shape of 'Fuji'

Zhang Jingnan^{1,2}, Zhang Shuyan¹, Sun Peiqi¹, Liu Jing¹, Wang Jie³, Li Xianli^{1,2}

(¹College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018;

²State Key Laboratory of Grop Biology, Tai'an Shandong 271018;

³College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract: Trees trained in weeping willow shape of 'Fuji' Apple were used for observing the effects of light distribution on the fruit layer and fruit quality. The method of division in canopy was used to study the distribution of relative light intensity, and shoots and leaves, and fruit quality in different layers and positions of canopy. The results showed that the distribution of relative light intensity in the canopy gradually descended from upper to lower layer, from outer to inner layer. But the differences in horizontal direction were not as obvious as in vertical direction. More 80% and less 30% of the relative light intensity was only 20.56%, which was lower than in other shapes. The chlorophyll content, net photosynthesis, specific leaf weight of leaves, fruit quality and fruit coloration were positively correlated to relative light intensity. Mean fruit mass, water content, soluble solids, soluble sugar, solids-acid ratio, sugar-acid ratio, firmness and titratable acidity in different canopy layers had reached to 81.31%, 2.25%, 13.79%, 36.69%, 174.12%, 230.04%, 22.49% and 140.68%. They were all positively correlated to relative light intensity. The content of soluble solids and soluble sugar were up to 15.61% and 24.18% in weeping willow shape.

Key words: weeping willow shape; 'Fuji' apple; light distribution; fruit quality

基金项目:山东省农业技术创新项目“苹果密植园树体结构优化和修剪技术”(33303)。

第一作者简介:张晶楠,女,1985年出生,山东济南人,硕士,研究方向:果树栽培生理与设施果树。发表论文2篇。通信地址:271018 山东省泰安市山东农业大学园艺科学与工程学院, E-mail: jingnan850330@163.com。

通讯作者:李宪利,通信地址:271018 山东省泰安市山东农业大学园艺科学与工程学院, Tel: 0538-8249817, E-mail: xlli@sdau.edu.cn。

收稿日期:2009-09-22, **修回日期:**2009-10-17。

0 引言

苹果树垂柳式整形修剪技术,是山东省沂源县燕崖镇西辉村果农王春祯在实践中探索形成的一套全新的苹果树整形修剪技术,该技术已通过了省级鉴定并获得国家专利,并创出了666.7 m²产量13.8 t的高产纪录。经多年的实践探索,建立了垂柳形苹果丰产稳产园,已初具规模,显著地提高了富士苹果的品质,吸引了大量来自全国的专家学者前去考察。该树形在管理中具有结果早,产量高,品质好,操作管理方便,便于病虫害防治等特点。该试验旨在研究红富士苹果采用垂柳形树形整形后的树体光照分布状况,光照分布与果实产量品质的关系,为乔化密植果园的树形改造、群体结构调整,提高果实品质,提供理论依据和指导性意见。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2008、2009年7—10月在山东省淄博市沂源县燕崖镇西辉村进行。试材为宫藤富士(*Malus domestica* Borkh cv. Red Fuji),授粉品种为新红星,砧木为西府海棠(*M. micromalus* Mak.),树龄16年,栽植密度3.5 m×4 m,土壤为砂壤土,果实全部套袋。选取有代表性的3个点,每点6株树,从每点中选取树体形状大小基本一致的2株,采用魏钦平等^[1]、Wertheim和Wagenmarkers^[2]的方法,以树干为中心,用竹竿将树冠分成不同层次、不同方位的50 cm×50 cm×50 cm的立方体,同时把树冠按照垂直方向分为下层(距地面小于1.0 m)、中层(距地面1.0~2.5 m)和上层(距地面大于2.5 m)三部分,按照水平方向分成内膛(距树干小于1.0 m)、中部(距树干1.0~2.5 m)和外围(距树干大于2.5 m)三部分。

1.2 方法

冠层光照情况分析:8月上旬选择无云、无风的典型晴天,分别于9:00、12:00和15:00利用TSE-1334A数字式照度计,测量树体不同层次立方体中心部位的光照强度,同时测定树冠外自然光照强度,其比值为相对光照强度。

品质测定:按照干断面积确定留果量,于10月15日统计树体每个立方体内长、中、短枝(梢)数量和果实个数;在每个立方体内取有代表性的果实3~5个,用1/100天平测量单果重量;游标卡尺测定果型指数;GY-1型果实硬度计测量去果皮后的果实硬度;烘干称重法测定果实含水量和比叶重;SC-80型色差计测量果实着色,采用国际照明组织CIE制定的均匀色空间L*、a*、b*表色系统评价果实色泽^[3];

80%丙酮法测定叶片及果实中叶绿素含量;PR-100型数字折光仪测量果实可溶性固形物含量;NaOH中和滴定法测量可滴定酸含量;蒽酮法测定可溶性糖及淀粉含量。

冠层分析与数据统计分析:运用ORIGIN软件进行图表绘制,冠层分析后的数据及果实品质数据均采用SPSS软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 富士苹果垂柳形树冠结构及枝(梢)叶空间分布特点

富士苹果垂柳形树冠结构特点是:树高4.5 m左右,干高0.5~0.8 m,冠径3 m×4.0 m,干径22 cm;主枝9个,分为3层,每层3个,开张角度70°左右;主枝上着长枝,全部下垂,形似垂柳,树体结构开张,长势均衡,光照良好。平均每棵果树占地面积约为12 m²,枝量150万~180万/hm²左右,结果枝组可达7万/hm²,长中短枝的比例为3:5:35,其中大于5片叶的短枝占总短枝量的85%,发育良好的短枝往往成为下一年的结果枝,说明了垂柳形树冠内光照良好,枝条生长势均衡,

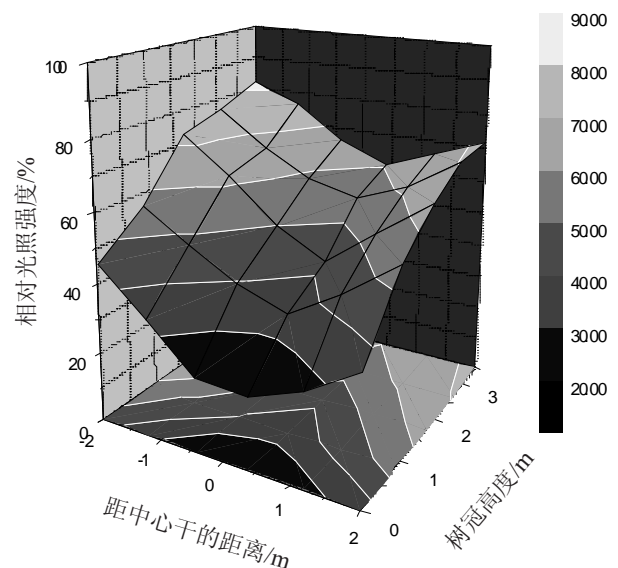


图1 相对光照强度的三维分布

营养分布均匀,利于成花结果。

2.2 富士苹果垂柳形树冠不同层次、不同部位相对光照的分布

树冠内的光照分布状况与树冠的形状、枝叶数量、枝叶密度和不同枝类的空间分布有密切关系,并直接影响花芽形成、开花、结果、果实发育及果实品质^[4]。由图1可以看出,树冠内不同层次相对光照强度有明显的规律性,从上到下逐渐降低,并且各层次间差异显著;同一层次间相对光照强度从内膛到外围逐渐增大,

但差异不显著,表明苹果树垂柳形结构从树冠内膛到外围的光照一致特点。

为了说明苹果树垂柳形结构相对光照强度的特点,计算了不同相对光照强度占树冠体积的空间比例(表1)。一般认为相对光照低于30%为低效光区,这

种树冠的低效光区仅占树冠体积的13.89%,其比例低于小冠疏层形和高干开心性^[5];相对光照强度30%~59%占46.11%,60%~80%占35.00%,大于80%的高光区只占6.67%,说明垂柳形苹果树形的相对光照优于其他树形。

表1 不同层次的相对光照强度占树冠体积的空间比例

树冠高度/m	<30%	30%~59%	60%~80%	>80%
0~0.5	9.44	10.00	0.56	0
0.5~1.0	4.44	13.33	3.89	0
1.0~1.5	0	11.67	7.22	1.11
1.5~2.0	0	7.22	11.11	1.67
2.0~2.5	0	3.89	12.22	3.89
合计	13.89	46.11	35.00	6.67

表2 不同叶幕部位的叶片的叶绿素含量、净光合速率和比叶重

分布	冠层	光照分布/%	叶绿素含量/(mg/dm ²)	净光合速率/($\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	比叶重/(mg/cm ²)
垂直分布	上层	85.67a	4.21a	19.45a	9.68a
	中层	70.00b	3.71ab	14.77b	9.05ab
	下层	37.33c	2.92ab	5.98c	7.63c
水平分布	内膛	41.67c	2.52ab	5.54c	7.71c
	中部	63.67b	3.36ab	10.06d	7.94bc
	外围	78.67a	4.15bc	16.28e	9.44a

注:同一列中不同字母表示0.05显著水平差异。

2.3 富士苹果垂柳形树冠内光照分布对光合作用和比叶重的影响

处于不同叶幕部位的叶片,其叶绿素含量、净光合速率和比叶重存在显著差异。由表2可知:树冠上、中层叶幕叶片中叶绿素含量、净光合速率显著高于下层,上层高于中层;外围显著高于中、内膛,中部高于内膛;上、中层比叶重极显著高于下层,上、中层间差异不明显;外围比叶重极显著高于内膛,中、内膛之间差异不

显著。这与光照分布情况在一定范围内呈现出一致性,说明光照分布对树体的叶绿素含量、净光合速率和比叶重的影响较大。

2.4 富士苹果垂柳形树冠不同层次、不同部位果实品质的差异

由表3可知,富士苹果垂柳形树冠内不同层次不同部位果实品质存在极显著差异。果实质量、果实含水量、可溶性固形物、可溶性糖含量、固酸比和糖酸比

表3 不同冠层部位果实品质的差异

树冠高度/m	树冠水平方向分布	单果质量/g	果型指数	硬度/(kg/cm ²)	果实含水量/%	可溶性固形物/%	可溶性糖/%	可滴定酸/%	固酸比	糖酸比
>2.0	外围	316.2A	0.80A	8.18B	84.87A	16.5A	28.65A	0.1153F	143.23A	249.74A
	中部	286.6AB	0.80A	8.20B	84.8A	16.5A	26.33AB	0.1297EF	127.19B	202.99B
	内膛	268AB	0.80A	8.67AB	84.67A	16.25AB	25.27B	0.1441E	113.08BC	175.49BC
1.0~2.0	外围	251.6ABC	0.84A	8.85AB	84.57A	16.25AB	23.95BC	0.1658C	98.21CD	145.16CD
	中部	238.4BCD	0.90A	8.92AB	84.07B	15.5AB	23.87BC	0.1694CD	91.66DE	140.97DE
	内膛	216.2BCD	0.90A	9.03AB	84.07B	15.5AB	23.53BC	0.1874BC	81.16EF	125.91DE
<1.0	外围	215.6BCD	0.91A	9.15AB	84.03B	15AB	23.47BC	0.1910B	80.30EF	122.87DE
	中部	180CD	0.91A	9.28AB	83.93B	14.5B	21.56C	0.1982B	73.16F	108.98EF
	内膛	174.4D	0.92A	10.02A	83C	14.5B	20.96C	0.2775A	52.25G	75.67F

注:同一列中不同字母表示0.01显著水平差异。

均以上层外围最高,随着垂直方向向下,水平方向向内,其含量逐渐降低,最大差异幅度分别达到81.31%、2.25%、13.79%、36.69%、174.12%和230.04%,均达到极显著差异,但水平方向不如垂直方向差异显著。果实硬度和可滴定酸含量则相反,随着水平方向向外、垂直方向向上逐渐减小,最大差异幅度达到22.49%和140.68%,达到极显著差异,且垂直方向比水平方向差异显著。结合相对光照强度的分布状况,表明了果实品质因素与相对光照强度有密切的相关性。果形指数差异不显著,说明果形指数可能与树冠内相对湿度、温度及树体本身的树势及栽培管理水平有关,光照分布对其影响不大。

2.5 富士苹果垂柳形树冠不同层次、不同部位果实着色情况

L 值表示表面颜色深浅,*L* 值越大,表示颜色越浅,表面越有光泽,反之颜色越深,果实表面暗淡无光泽;*a* 值表示红绿的程度,*a* 值为“+”表示红的程度,*a* 值变大表示红色加重,*a* 值为“-”表示绿色;*b* 值表示黄青的程度,*b* 值为“+”时表示黄的程度,*b* 值越大黄色加深。从表4可以看出,位于下层内部的果实*L* 值最小,*a* 值最小,果实表面暗淡无光泽,红色最浅,甚至出现绿色;在一定光照强度范围内,随着垂直方向向上、水平方向向外,果实*L* 值与*a* 值均逐渐增大;上层外部*L* 与*a* 达到最大值,果实表面光泽度达最高,果面呈红色。*b* 值差异不明显,说明光照在一定范围内对黄青着色方面不如红绿方面显著。

表4 不同冠层部位果实着色的差异

部位	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
上外	80.60A	16.67A	30.82A
上中	77.87AB	13.26AB	28.86A
上内	77.79AB	11.13AB	28.63A
中外	76.29ABC	7.20ABC	28.48A
中中	75.67ABC	6.89ABC	27.40A
中内	75.10ABC	5.72BC	25.21A
下外	71.31BCD	3.81BC	25.09A
下中	70.64CD	3.62BC	24.97A
下内	68.07D	-0.1C	24.41A

注:同一列中不同字母表示0.01显著水平差异。

3 讨论

苹果是喜光果树,光照对苹果的花芽分化、坐果、果实生长,尤其是品质产生重要影响^[6-7]。苹果垂柳形树冠内光照分布总的趋势是:从树冠上部到下部、树冠外围到内膛相对光强递减,这与前人的研究结果相似^[8-10];但同一层次内从外围到内膛相对光照强度变化比较缓

和,而自由纺锤型和小冠疏层形树冠从外围到中心的相对光照强度变化较大,且垂柳形树冠各部位的相对光照强度均高于这两种树形相应部位的相对光照强度^[11];从不同相对光照强度占树冠体积的空间比例(表1)可知,垂柳形树冠无效光区和高光区所占比例相对较小,在整个生长季节里,树体各部位的通风透光条件较好,且受光量相对均衡,其树形在相对光照方面优于其他树形^[5,12-13]。长中短枝的比例为3:5:35,其中大于5片叶的短枝占总短枝量的85%,这样的枝类组成明显改善树冠内的光照条件,提高了果实的品质,增加了果园整体效益。处于不同叶幕部位的叶片,其叶绿素含量、净光合速率和比叶重与光照分布情况在一定范围内呈现出一致性(表2),说明光照分布对树体的叶绿素含量、净光合速率和比叶重的影响较大^[14-16]。

品质已成为衡量果树生产水平和经济效益的重要指标,并与光照分布呈显著正相关,这与魏钦平等^[5]、张琦等^[10]、Patricia^[17]对苹果、梨的研究结果相似。在一定的相对光照条件下,光照可显著提高红富士苹果的外观品质,树冠中、上层和中、外部为高品质分布区。可见,良好的树形结构、结果部位和光照条件,是实现苹果优质的基础^[18-21]。研究中,垂柳式苹果树形的果实可溶性固形物及可溶性糖含量平均可达到15.61%和24.18%,高于篱壁式、高干开心形苹果树形的研究结果^[22-24]。在果实着色方面,垂柳形树形的果实表面光泽度高,果面呈红色,且无日灼现象,外观优质指数高于其他树形^[22-23]。

4 结论

研究表明,在乔砧密植栽培时,采用垂柳性整形技术,可明显改善冠内光照状况,减缓枝条外延势力,优化枝类组成,显著提高树体成花结果能力,并能大幅度地提高果实品质。垂柳形整枝技术利用树体的顶端优势,转化成优质的结果枝组,结果后及时疏除更新,冠内风光通透,营养分配均匀,生长势力均衡,有利于优质苹果生产,能显著提高富士苹果栽培的经济效益,在乔砧普通型密植苹果园的改造中,该树形非常值得推广。

参考文献

- [1] 魏钦平,王丽琴,杨德勋.相对光照强度对富士苹果品质的影响.中国农业气象,1997,18(5):12-14.
- [2] Wertheim S J, Wagenmakers P S, Bootsma J H, et al. Orchard Systems for Apple and Pear: Conditions for Success. Acta Horticulturae, 2001,557: 209-227.
- [3] 张学英,张上隆,叶正文,等.不同颜色果袋对李果实着色及花色苷合成的影响因素分析.果树学报,2007,24(5):605-610.

- [4] 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.安徽农业大学学报,2004,31(3):353-357.
- [5] 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.园艺学报,2004,31(3):291-396.
- [6] Robinson TC, Seeley E J. Effect of Light Environment and Spur Age on Delicious Apple Fruit Size and Quality [J]. Hort Science, 1983,70(6):855-861.
- [7] 伍涛,张绍铃,吴俊,等.‘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,2008,35(10):1411-1418.
- [8] Robinson TL, Lakso A N. Modifying Apple Area Canopies for Improved Production Efficiency [J]. Hort Science, 1991,26(8):1005-1012.
- [9] 苏渤海,范崇辉,李国栋,等.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.西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(1):158-162.
- [10] 张琦,何天明,冯建菊,等.香梨树冠内的光照分布及对果实品质的影响.落叶果树,2001,(3):1-3.
- [11] 李雄,孙伯筠,李福荣,等.树冠内光分布对苹果梨产量和品质的影响.中国果树,1998,(1):23-24.
- [12] Wagemakers P S. Effects of light and temperature on potential apple production. Acta Horticulture, 1996, 416: 191-197.
- [13] Barritt B H. Vertical aris training seen as alternative for apple [J]. Good Fruit Grower, 1998, 39 (3): 24-26.
- [14] 高登涛.应用冠层分析仪对渭北地区苹果树冠层结构及光照分布的研究[D].陕西:西北农林科技大学,2006.
- [15] Janet S, Melinda M. Modeling canopy openness and understory gap patterns based on image analysis and mapped tree data [J]. Forest Ecology and Management, 2001, 149: 217-233.
- [16] Jackson J E. Theory of modeling by model hedgerow ordards in relation to latitude, time of the year and hedgerow configuration and orientation. J Apple Ecol, 1980, 9: 341-357.
- [17] Patricia S. Effects of orchard geometry on light distribution. Acta Horticulturae, 1990, 276: 265-272.
- [18] Caruso T, Giovannini D, Marra F P, et al. Planting density, above-ground dry-matter partitioning and fruit quality in greenhouse grown ‘Floridaprince’ peach (*Prunus persica* L. Batsch) trees trained to ‘Free-standing Tatura’. J Hort Sci-Biotechnol, 1999, 74: 547-552.
- [19] Weber M S. Optimizing the tree density in apple orchards on dwarf root stocks. Acta Horticulture, 2001, 557: 229-234.
- [20] Widmer A, Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of ‘Golden delicious’ and ‘Royal Gala’ apples. Acta Horticulture, 2001, 557: 235-241.
- [21] 曾骧.果树生理学.北京:北京农业大学出版社,1992:244-249.
- [22] 徐胜利,陈小青,李绍华.篱壁式红富士苹果光照分布对光合作用和果实品质的影响.新疆农业科学,2001,38(6):309-312.
- [23] 张显川,高照全,付占方,等.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,2007,34(3):537-542.
- [24] 岳玉苓,魏钦平,张继祥,等.黄金梨棚架树体结构相对光照强度与果实品质的关系.园艺学报,2008,35(5):625-630.