间伐改形对成龄密植红富士苹果园 产量与品质的影响

袁景军¹,赵政阳¹,万怡震¹,梅立新¹,杨萍²

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西白水县园艺站, 陕西 白水 715600)

【摘要】【目的】研究间伐改形对红富士成龄乔化密植栽培果园产量与品质的影响,为大面积红富士苹果乔化密植园改造提供技术依据。【方法】以典型15年生红富士乔化密植栽培果园为试验材料,研究间伐改形对红富士乔化成龄密植果园树冠结构、枝类组成、叶片质量、果实品质、产量及经济效益等指标的影响。【结果】与传统整形修剪相比,间伐改形修剪后,苹果园总枝数降低到约 1.07×10^6 条/hm²,树冠下光合有效直接辐射提高了152.3%以上,枝类组成明显优化,短枝数提高了49.2%,长枝数下降了63.8%,冠径增长了65.9%,单株总枝数增加了47.0%,树冠结构趋于合理;叶片光合功能改善,单叶面积、百叶质量、百叶厚、干鲜比、叶绿素含量平均分别增加14.6%,32.6%,36.5%,18.4%和34.3%,抗病能力增强,腐烂病发生率降低了86.8%,单果质量、果面着色指数、光洁指数和可溶性固形物含量分别提高了34.1%,49.0%,45.6%和18.3%;第3年的平均产量和产值分别增加了199.9%和407.5%。【结论】在陕西渭北富士成龄密植果园管理中,采用隔行或隔株间伐,降低果园群体密度,促进个体扩冠生长,是提高果品质量与产量的有效途径。

【关键词】 富士苹果;密植园;间伐改形;扩冠

【中图分类号】 S661.105⁺.9

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)04-0133-05

Effects of tree-thinning and-reshaping on production and fruit quality of Red 'Fuji' apples in the mid-aged and dense orchards

YUAN Jing-jun¹, ZHAO Zheng-yang¹, WAN Yi-zhen¹, MEI Li-xin¹, YANG Ping²

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

2 Baishui Horticultural Station, Baishui, Shaanxi 715600, China)

Abstract: 【Objective】 This study explored effects of tree-thinning and-reshaping (TR) on production and fruit quality of 'Fuji' apples in the mid-aged and dense orchards in order to provide techniques for reconstruction of the apple orchards in a large scale. 【Method】 Effects of reconstruction through tree-thinning and -reshaping on tree structures, composition, leaf quality, fruit quality and production were studied in the typical, 15-year-old, standard, dense 'Fuji' apple orchards. 【Result】 After tree-thinning and-reshaping, tree structure was improved, photosynthesis was increased, and disease resistance of the trees was enhanced. The total shoots decreased to 1.07×10^6 shoots per hectare, the sunlight radiation increased more than 152.3%, shoot combination was optimized, spur shoots increased 49.2%, and long shoots decreased 63.8%, tree shape diameter increased 65.9%, total shoots per tree increased 47.0% and tree construction was much better for production. Photosynthesis was improved. The area, weight, ratio of dry weight to fresh weight, chlorophyll contents in the leaves increased 14.6%, 32.6 ratio of dry weight to fresh weight,

* [收稿日期] 2009-10-13

[基金项目] 陕西省“13115”重大科技创新专项(2007ZDKG-08);陕西省重大科技创新项目(2006ZKC-05-1);国家苹果产业技术体系项目

[作者简介] 袁景军(1953—),男,陕西周至人,高级农艺师,主要从事果树育种与栽培技术研究。

chlorophyll contents in the leaves increased 14.6%, 32.6%, 36.5%, 18.4% and 34.3%, respectively. Disease resistance was improved and occurrence of canker decreased to 86.8% as compared to that in the control. Fruit weight, coloring index, surface index, and SSC (Soluble Solid Contents) increased 34.1%, 49.0%, 45.6%, and 18.3%, respectively. The production and incomes were increased 199.9% and 407.5%, respectively in the third year after the treatments of tree-thinning and-reshaping. **【Conclusion】** To decrease the tree density as to promote growth of the trees by thinning a row per every other row or a tree per every other plant is the key to achieve the aim of high production and quality in the apple industry in the Weibei regions of Shaanxi Province.

Key words: ‘Fuji’ apple; dense orchard; tree-thinning and-reshaping; crown expansion

红富士苹果是我国主栽的晚熟优良苹果品种之一,约占苹果栽培总面积的 86%,主要以乔化密植栽培为主^[1-3]。尽管乔化密植栽培获得了早期产量,但随着树龄的增加,尤其是进入盛果期后,因枝量偏多、树冠郁闭,导致光照不良,树体生长衰弱,病虫害严重,产量、品质下降,效益降低^[4-5]。如何改善成龄乔化密植果园群体与个体的结构、提高果园透光条件、增强果树叶片功能与树体抗性、提高果树产量与果实品质,已成为生产中亟待解决的问题。目前,生产中乔化密植果园主要通过果树个体的整形修剪来调整树冠层结构,力求减少主枝数,控制单株枝量,从树形结构分布方面来改善树冠内的光照分布^[6-7],以提高净光合速率和生产力^[8-11]。上述措施虽有一定效果,但由于整形修剪仅局限于单株树形改造,随着生产年限的推移,该方法仍不能从根本上解决乔化密植果园的郁闭问题。为此,本试验在渭北苹果主产区的白水縣,对成龄红富士乔化密植果园进行了间伐改形修剪的系统研究,旨在控制群体密度,减少果园总枝数,调整个体空间分布结构,改善树体光合效率,提高果实产量与品质,为大面积红富士苹果乔化密植园的改造提供技术依据。

1 材料与方 法

1.1 试验园概况

试验区位于陕西省白水縣收水乡,地处东经 109°26',北纬 35°23',属暖温带半湿润偏干旱气候区。该地区光热资源丰富,年均气温 11.4℃,年日照时数 2 397.30 h,多年平均降水量 577.8 mm,年际、年内分布不均,无霜期 207 d 左右;土壤为疏松的黄绵土,地貌单元属渭北黄土高原沟壑区与陕北黄土高原丘陵沟壑区的过渡地带,塬面从北向南倾斜,平均海拔 1 126 m。试验在收水乡五泉村某示范户果园进行,该园为乔化类型红富士果园,基础为新疆野苹果,授粉品种为新红星,1993 年春季定植,面

积 0.41 hm²,株行距 3 m×3 m,每公顷栽植 1 110 株,旱作。树形为多主枝分层形,平均树高 3.67 m,冠径 3.25 m,单株平均主枝数 8.6 个,株行间主枝已相互交错,郁闭严重,光照条件十分恶劣,属典型成龄红富士乔化密植栽培果园。

1.2 试验设计与处理

将试验果园 0.29 hm² 作为间伐改形区,于 2006-03 隔行一次性间伐,株行距变为 3 m×6 m,即为 555 株/hm²。树形按延迟开心形树体结构培养,主干 1 m 以下主枝疏除,采用扩冠,抬高下部主枝角度,在主枝延长头饱满芽处短截,保持先端生长优势;锯除树体过密主枝后保留 5~6 个,主枝两侧枝条下垂,呈松散型单轴延伸枝组;树高控制在 3.20 m 范围内,落头时留一小枝带头,分年实施,保持树体平衡,其他枝条变向拉平,并结合采用刻芽促短、大叶芽枝破顶促萌等技术,生长季叶幕厚度 1.8~2.0 m;施肥、病虫害防治等其他管理措施与对照园相同。

另外将试验园 0.12 hm² 作为对照区,即传统的整形修剪区。按主干开心形对单株树体枝量进行控制,减少主枝数,将主枝基部过大侧枝和大型辅养枝去除,落头开心,主枝延长头连年采用转主换头回缩,控制树冠扩展;每年疏除顶部直立旺枝,减弱上部长势,结合夏季修剪,加大主枝角度,疏除树体内堂过密枝条,更新复壮结果枝组。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 枝叶生长状况 2006—2008 年,采用典型抽样法,分别在间伐改形区与对照区,各选取 10 株具有代表性的标准株进行观测。于 7 月下旬,在标准株外围随机选 10 个发育枝,取中部共 100 个成熟叶片,测定其鲜质量和干质量,计算叶片干鲜比,用游标卡尺测定叶片厚度(精度 0.01 mm),用 PG-250 型光电式叶面积仪测定叶面积;生长季末,用米尺测定各标准株干高、树高、冠径和新梢长度,调查统计

单株总枝数,计算长、中、短枝的枝类组成。

1.3.2 光合有效辐射与间接辐射 2008年8月上旬,分别在间伐改形区与对照区,用美国 LICOR 公司的 LI190 线性辐射探头测定树冠下的光合有效辐射与间接辐射,测定3次。

1.3.3 叶绿素含量与果树抗病能力 2008年8月上旬,在标准株树冠的上、中、下3个部位,分东、西、南、北4个方向采集春稍中部的鲜叶,采用 Litchem 法测定叶绿素含量^[12]。

2008-09,采用样株法和随机抽样法,调查保叶率、腐烂病发病率。

1.3.4 果实产量与品质 2006—2008年果实采收后,分别统计间伐改形区和对照区历年的果实总产量;2008年每标准株随机抽取10个果实,计算单果质量。

采用五级法测定着色指数,四级法测定果面光洁指数^[13],并按公式 $\sum(\text{各级果数} \times \text{级数})$ 计算果实着色指数和果面光洁指数;同时用游标卡尺测定果实的纵横径,计算果形指数。

果实硬度用 GY-1 型果实硬度计测定,可溶性固形物含量用 PR-100 型数字糖度计测定,总酸采用 NaOH 滴定法测定, V_c 含量用 2,6-二氯酚酚滴定法测定^[14]。

2 结果与分析

2.1 间伐改形对红富士苹果园枝类组成和光照条件的影响

由表1可以看出,间伐改形实施当年,每 hm^2 总枝数由对照区的 1 449 660 条减少至 942 540 条,降低了 53.8%,表明间伐能有效降低果园总枝数,是改善果园群体结构、解决果园密闭的有效途径。间伐改形后树体结构也发生了根本变化,与对照相比,干高平均提高 0.19 m,主枝数平均减少 0.64 个。但树体冠径与单株总枝数逐年增加,改造后第3年,间伐改形区树体冠径达 5.06 m,而对照为 3.05 m,冠径增长了 65.9%;单株总枝数达 1 928 条,对照为 1 312 条,增加了 47.0%,且增加的枝数以短枝为主,第3年短枝数比对照增加 49.2%,而长枝数则降低 63.8%,说明间伐后修剪手法发生了新的变革,扩冠是间伐改形技术的关键环节。由于间伐降低了果园群体密度,因此树体养分集中,主枝抬高延长头短截,树冠得到迅速扩展,符合乔化果树的自然生长发育规律;而对照树由于受栽植密度限制,只能连年回缩控冠,从而造成树体平衡失调、生长结果紊乱。

表1 间伐改形对红富士苹果树体结构的影响

Table 1 Effects of tree-thinning and-reshaping on red "fuji"'s structures

处理 Treatment	年份 Year	干高/m Trunk height	主枝数 Bough number	冠径/m Diameter of tree crown	树高/m Tree height	枝类组成/% Branch composition			总枝数/ Total branch (条· hm^{-2})	单株总 枝数 Total branch in a tree
						短枝 Spur	中枝 Mid- branch	长枝 Long branch		
间伐改形 Tree-thih-ning and-reshaping	2006	1.22	6.3	3.32	3.56	53.7	26.9	19.4	942 540	1 698
	2007	1.24	5.3	4.50	3.37	65.1	21.6	13.3	1 005 810	1 812
	2008	1.24	5.0	5.06	3.16	72.5	19.2	8.3	1 070 190	1 928
	平均 Average	1.23	5.53	4.29	3.36	63.8	22.6	13.7	1 006 180	1 813
对照 CK	2006	1.04	7.1	3.03	3.34	49.5	27.8	24.7	1 449 660	1 306
	2007	1.04	5.8	3.18	3.32	47.3	29.1	23.6	1 448 550	1 305
	2008	1.04	5.6	3.05	3.35	48.6	28.5	22.9	1 456 320	1 312
	平均 Average	1.04	6.17	3.09	3.34	48.5	28.5	23.7	1 451 510	1 308

间伐改形后树高适当降低,冠幅增大,使树体呈现平面受光状态,形成高光效树体结构。间伐改形第3年,树冠下光合有效直接辐射和间接辐射分别达 28.36, 3.62 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,均比对照(11.24 和 1.46 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)大幅提高,分别是对照的 2.53 和 2.48 倍。说明间伐改形修剪不仅显著改善了果园的光照条件,同时也使间伐改形区树体的动态生长与果园的静态群体结构、枝叶空间分布保持了一种合理协调的关系,这与高登涛等^[15]的报道一致。

2.2 间伐改形对红富士苹果园叶片质量与抗病能力的影响

叶片是果树光合作用的重要部位,其生长发育状况不仅是苹果高产、稳产、优质的基础,而且发育良好的叶片可以促进树体生长健壮、代谢活动旺盛,增强果树抗御逆境胁迫的能力,是果树生长发育状况的重要标志。由测定结果(表2)可知,间伐改形区果树叶片发育状况得到了明显改善,与对照相比,单叶面积、百叶质量、百叶厚、干鲜比和叶绿素含量

平均分别增加 14.6%, 32.6%, 36.5%, 18.4% 和 34.3%, 且差异达极显著水平 ($P < 0.01$), 表明间伐改形极大地促进了果树的发育, 增强了果树对光的吸收和利用, 有利于树体积累较多的光合产物, 改善碳素营养。2008 年 9 月底的调查结果表明, 间伐改

形区果树保叶率达 96.3%, 腐烂病发生率仅为 1.26%, 分别较对照提高了 27.4% 和降低了 86.8%, 进一步说明间伐改形促进了果树的发育, 增强了树势。

表 2 间伐改形对红富士苹果园叶片发育状况与抗病能力的影响

Table 2 Effects of tree-thinning and -reshaping on red "fuji" tree's growing and disease resistance

处理 Treatment	单叶面积/cm ² Leaf area	百叶质量/g Weights of 100 leaves	百叶厚/cm Thickness of 100 leaves	干鲜比 Ratio of dried to fresh leaves	叶绿素/ (mg·g ⁻¹) Total chlorophyll	9月底 保叶率/% Leaf retentivity in September	腐烂病 发生率/% Occurrence of canker
间伐改形 Tree-thinning and-reshaping	34.6 A	96.31 A	3.053 A	0.45 A	9.82 A	96.3 A	1.26 A
对照 CK	30.2 B	72.63 B	2.237 B	0.38 B	7.31 B	75.6 B	9.54 B

注: 同列数据后标不同大写字母者表示差异极显著 ($P < 0.01$), 标不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Note: Small letters represent 5% and capital letters represent 1% significant level in the same column by t-test. The same as below.

2.3 间伐改形对红富士苹果园果实外观与内在品质的影响

由表 3 可知, 间伐改形区果实平均单果质量、果形指数、着色指数、光洁指数分别较对照区提高了 34.1%, 8.8%, 49.0% 和 45.6%, 表明间伐改形区果实的外观品质有了较大幅度的提高, 这与间伐改形修剪优化了果园群体分布与个体结构密切相关。从内在品质测定结果(表 3)可以看出, 间伐改形区

果实的硬度及可溶性固形物、有机酸和 V_C 含量均有不同程度提高, 其中果实硬度、可溶性固形物含量与对照存在显著差异 ($P < 0.05$), 而有机酸和 V_C 含量均与对照无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可知, 间伐改形不仅提高了果实的外观品质, 而且对其内在品质也有明显改善, 这对于提高果品的市场竞争力有重要作用。

表 3 间伐改形对红富士苹果园果实外观与内在品质的影响

Table 3 Effects of tree-thinning and-reshaping on red "fuji" fruit's ex- and internal quality

处理 Treatment	单果质量/g Fruit weight	果形指数 Fruit index	着色指数 Surface index	光洁指数 Fruit shining index	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Hardness	可溶性 固形物/% SSC	有机酸/% Titratable acidity	V _C / (mg·kg ⁻¹) Vc content
间伐改形 Tree-thinning and-reshaping	248.5 a	0.91 a	3.98 a	3.97 a	9.52 a	16.8 a	0.348 a	63.75 a
对照 CK	163.7 b	0.83 a	2.03 b	2.16 b	8.35 b	14.2 b	0.324 a	62.12 a

2.4 间伐改形对红富士苹果园产量与经济效益的影响

间伐改形对红富士苹果园产量与经济效益的影响如表 4 所示。

由表 4 可知, 间伐改形实施当年苹果平均产量

有所降低, 较对照减产 15.4%; 但间伐改形修剪第 2 年后, 产量稳步上升, 增产幅度大, 第 2 年虽然花期受到冻害影响, 但间伐改形区仍比对照增产 32.9%; 第 3 年的平均产量是对照的近 3 倍。而对照区不仅产量相对较低, 且产量大小年波动严重。

表 4 间伐改形对红富士苹果园产量和经济效益的影响

Table 4 Effects of tree-thinning and-reshaping on red "fuji"'s production and economic incomes

处理 Treatment	年份 Year	总产量/kg Total production	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average production	平均价格/ (元·kg ⁻¹) Price	平均产值/ (元·hm ⁻²) Income	比对照同年 产量增加/ (kg·hm ⁻²) Production increase	比对照同 年产值增加/ (元·hm ⁻²) Income increase
间伐改形 Tree-thinning and-reshaping	2006	3 453	11 907.0	2.63	31 315.5	-1 828.5	5 905.5
	2007	4 990	17 206.5	3.06	52 651.5	4 260.0	24 687.5
	2008	13 521	46 624.5	3.96	184 633.5	31 075.5	148 249.5
对照 CK	2006	1 602	13 735.5	1.85	25 410.0		
	2007	1 510	12 946.5	2.16	27 964.5		
	2008	1 814	15 549.0	2.34	36 384.0		

由表 4 还可知,间伐改形修剪较大幅度提高了果园效益,每千克果品 3 年平均售价比对照高 1.10 元,间伐改形当年每 hm^2 新增产值 5 905.5 元,第 2 年产值增加 88.3%,第 3 年产值是对照的 5.1 倍,经济效益极显著增加,这与间伐改形修剪极大地提高了果实品质及商品果率密切相关。根据抽样调查结果可知,间伐改形修剪区果实横径大于 75 mm 的优质果率比对照高出 1 倍多。另外间伐减轻了果园劳动强度,平均每 hm^2 年用工量减少 120~150 人次;间伐使树势增强,栽植总株数减少,间伐改形区果园喷药次数和用药量降低,果园喷药次数平均每年减少 2~3 次,平均 hm^2 年降低果园总投入为 6 000~7 500 元。

3 讨 论

苹果是喜光树种,果园的光照状况不但影响树势和树体的干物质生产,而且还与果实的大小、可溶性固形物含量及果面色泽等商品性状密切相关^[14]。因此,适宜的栽植密度、合理的群体结构和个体空间分布、良好的光照体系等,是实现优质丰产的关键^[1-3,10,11,13]。我国苹果多以乔砧红富士密植栽培果园为主,10 年以上树龄的果园普遍存在树密、枝多等问题,造成果园郁闭、通风透光性差、果实产量下降、品质不佳、大小年明显等现象。近些年来,针对生产中存在的上述问题,魏钦平等^[1]、张显川等^[10]、李丙智等^[11]探索了改善果园光照条件的技术措施,主要通过对果树个体的整形修剪来调整冠层结构,力求减少主枝数、控制单株枝数,从树形结构分布方面来改善树冠内的光照分布^[8-11]。总体来看,现有的技术措施只是针对果树个体进行树形改造。本研究认为,在我国乔砧密植的情况下,成龄果园栽植密度及改形修剪是决定苹果产量与品质的关键因素,这与前人研究结果一致^[3-7]。乔化密植成龄苹果园适宜采取隔行或隔株一次性间伐到位的措施,使果园总体密度直接降低,间伐后栽植密度应控制在 375~555 株/ hm^2 。在树体空间分布结构调整上,以扩冠为中心,按乔化苹果树的自然生长规律,培养单轴延伸结果主枝,使间伐后的果园合理覆盖,树体呈现平面受光,这与必须连年控冠强制生长的改形修剪手法截然不同^[8-11]。成龄密植园采用间伐技术,从群体结构调整入手,直接降低了果园的总枝数,使光照条件得以改善,枝类组成发生优化,单株总枝数增加以短枝类为主,这是形成优质、稳产的基础。在

树形改造过程中,应因势利导,适当抬高下部主枝延长头位置以恢复其长势,主枝数目应控制在 5~6 个,适当抬高干高,生长季叶幕厚度控制在 1.8~2.0 m,以创建高光效树体结构。总之,间伐改形措施减少了果园枝叶总量,从根本上解决了密植果园的郁闭问题,改善了果园的通风透光条件,提高了叶片的光合效率,促进了苹果花芽分化,增强了树势和抗病能力,使果实产量与品质显著提高,提高了果园的经济效益。我国绝大部分苹果园为乔化密植园,本研究为这类果园的改造提供了借鉴。

[参考文献]

- [1] 魏钦平,鲁朝强,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.
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): 291-296. (in Chinese)
- [2] 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.
Liu Y H, Wei Q P, Gao Z Q, et al. Relationship between distribution of relative light radiation and yield and quality in different tree shapes for “Fuji” apple [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2004, 31(3): 353-357. (in Chinese)
- [3] 李保国,郭素平,齐国辉,等.红富士苹果生态适宜栽培区评价方法研究[J].西北林学院学报,2006,21(5):78-80.
Li G B, Guo S P, Qi G H, et al. Study on evaluation method of ecological optimum growing area of red fuji apple [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(5): 78-80. (in Chinese)
- [4] Wertheim S J, Wagenmakers P S, Bootsma J H, et al. Orchard systems for apple and pear: conditions for success [J]. Acta Horticulturae, 2001, 557: 209-227.
- [5] 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.
- [6] Widmer A, Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield fruit quality of ‘Colden Delicious’ and ‘Royal Gala’ apples [J]. Acta Horticulturae, 2001, 557: 235-241.
- [7] Caruso T, Ciovannini D, Marra F P, et al. Planting density, aboveground dry matter partitioning and fruit quality in greenhouse grown ‘Flon-daprince’ peach (*Prunus persica* L. Batsch) trees trained to ‘Free-standing Tatura’ [J]. Hort Sci Biotechnol, 1999, 74: 547-552.