

## 更新修剪对苹果树冠结构及果实品质的影响 \*

杜社妮<sup>1,2</sup>, 李明霞<sup>3</sup>, 耿桂俊<sup>4</sup>, 白岗栓<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西杨凌 712100;  
3. 府谷县人民政府, 陕西府谷 719400; 4. 中国水电顾问集团 西北勘探设计研究院, 西安 710065)

**摘要:** 利用 LAI-2000 冠层分析仪测定渭北高原果园盛果末期苹果树冬季更新修剪和长放修剪(对照)后的叶面积指数(LAI)、冠层开度(DIFN)、平均叶倾角(MTA)、消光系数(K), 更新修剪和长放修剪苹果树的果实产量、果实品质。结果表明, 更新修剪显著提高叶面积指数和平均叶倾角, 略微提高消光系数, 显著降低冠层开度。更新修剪显著提高果实产量、单果质量、果形指数、有机酸质量分数及经济产值, 对果实着色、可溶性固形物、可溶性糖、硬度、Vc 等无显著影响。渭北高原盛果末期苹果树应采用更新修剪。

**关键词:** 盛果末期苹果树; 更新修剪; 树冠结构; 果实品质

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1004-1389(2012)04-0106-05

## Effect of Renewal Pruning on Apple Canopy and Fruit Quality

DU Shen<sup>1,2</sup>, LI Mingxia<sup>3</sup>, GENG Guijun<sup>4</sup> and BAI Gangshuan<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100, China;  
3. People's Government of Fugu County, Fugu Shaanxi 719400, China; 4. Northwest Exploration and Design Institute, China Hydropower Engineering Consulting Group Company, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** In Weibei Plateau, the apple trees at final full productive stage were pruned by renewal pruning and long branch pruning (control) in winter pruning season, and the leaf area index (LAI), canopy openness (DIFN), average foliar obliquity (MTA), extinction coefficient (K) of trees were measured by LAI-2000 Canopy Analyzer at growth stage (in July), fruit yields and related indicators of fruit quality were measured at harvest stage (in October). The results showed that renewal pruning significantly increased leaf area index and average foliar obliquity, slightly increased extinction coefficient, and significantly reduced canopy openness. Renewal pruning significantly increased fruit yields, fruit mass, fruit shape index, organic acid mass fraction, economic value, and had no significant effects on coloring area, soluble solids, soluble sugar, fruit firmness, and vitamin C. Renewal pruning should be an appropriate pruning method for apple trees at final full productive age in Weibei Plateau.

**Key words:** Apple trees at final full productive stage; Renewal pruning; Canopy; Fruit quality

果树树冠是果树进行光合作用的场所及结果部位, 影响果树产量、品质及经济收入。果树树冠的形状、大小不但取决于树种、品种, 而且与立地环境及人为因素密切相关。有关苹果整形方面的

研究多集中于树形、砧木对光照、产量及果实品质的影响<sup>[1-6]</sup>和不同树冠结构、结果部位对果实品质的影响<sup>[7-8]</sup>, 有关树冠的空气温度、湿度、蒸腾能力、枝梢分布等亦有研究<sup>[9-12]</sup>。随着仪器设备的

\* 收稿日期 2011-08-15 修回日期 2011-09-25

基金项目: 中国科学院水利部水土保持研究所领域前沿项目(C127); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD31B05-02)。

第一作者: 杜社妮, 女, 助理研究员, 研究方向为蔬菜、果树栽培。E-mail: sndu@nwsuaf.edu.cn

通讯作者: 白岗栓, 男, 研究员, 主要从事果树栽培方面的研究。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn

完善与改进,有关树冠结构方面的研究成为热点<sup>[13-16]</sup>。陕西省是中国苹果(*Malus domestica* Borkh.)生产第一大省。随着树体的生长,结果部位不断外移,腐烂病(*Valsa mali* Migable et Yamada)愈发严重,特别是处于盛果末期的苹果树,树势衰弱、花芽量大、果实变小、风味变差、产量下降,降低了果园的经济产值<sup>[17]</sup>。更新修剪可提高盛果末期苹果树的树体营养,促进营养生长,促进叶片光合作用,提高苹果产量<sup>[18-19]</sup>,但关于更新修剪对盛果末期苹果树树冠结构的影响未见报道。本试验利用 LAI-2000 冠层分析仪,探讨更新修剪对盛果末期苹果树冠结构及产量、果实品质的影响,为恢复树势,延长盛果年限,提高果园经济产值及果树合理修剪提供指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地位于中国科学院长武黄土高原农业生态试验站,地处渭北黄土高原,东经 107°30′~107°42′,北纬 35°12′~35°16′,海拔 1 200 m,暖温带半湿润大陆性季风气候。该区年日照时数 2 226.5 h,日照百分率 51%,气温 9.1℃,≥10℃积温 3 029℃,无霜期 171 d,降雨量 584 mm。试验地土壤为黑垆土,地下水位 50~80 m,无灌溉条件,为雨养农业区。

### 1.2 材料与处理

材料为 1986 年春季定植的红富士苹果,砧木为新疆野苹果(*Malus sieversii* (Ldb.) Roem),株行距 3.0 m×4.0 m,东西行向,小冠疏层形,树高 3.40 m 左右,冠径 3.6~3.8 m,树干直径 13.0~15.0 cm,前 3 a 平均株产 45.0 kg,平均单果质量 185 g。试验园所有苹果均套纸袋。

2007—2011 年以当地普遍采用的长放修剪为对照,监测更新修剪对树冠结构参数及产量、果实品质等方面的影响。

长放修剪:冬季修剪时大多数枝条采用长放、轻剪、拉枝等方法,培养单轴延伸结果枝组或珠帘式结果枝组,仅剪除直立枝、重叠枝和极度衰弱的结果枝、下垂枝(1 a 生枝长<3.0 cm),不预留花量。冬季枝条剪除量为树体枝量的 10%~12%,单株留枝量为 1 800 枝左右,其中中枝、短枝占 85%以上。修剪后的树冠大小、树高与修剪前相同。春季通过疏花、疏果,将留果量确定为 0.20 C<sup>2</sup>(C 为树干周长,单位为 cm),春季疏花、疏果量

占全树的 90.0%~95.0%<sup>[17-19]</sup>。

更新修剪:冬季修剪时根据 1 a 生枝条长,采用不同的修剪方法。长>30 cm 的 1 a 生枝长放;长 20~30 cm 的斜生枝回缩到 2 a 生枝处,下垂枝回缩到 3 a 生枝处,直立枝长放或轻短截;长 10~20 cm 的斜生枝回缩到 3 a 生枝处,下垂枝全部疏除,直立枝长放或轻短截;长<10 cm 的斜生枝回缩到 4~5 a 生枝处,直立枝回缩到 2~3 a 生枝处,下垂枝全部疏除。对于串花枝、腋花芽枝进行回缩、短截,剪除 65%以上的花芽。对于顶部枝条生长衰弱、1 a 生枝长<10 cm、树体高>320 cm 的树落头开心。修剪时尽量剪除下垂枝,抬高枝条角度,培养斜上的结果枝组。冬季修剪后留花量为 0.22 C<sup>2</sup>,春季疏花、疏果后留果量为 0.20 C<sup>2</sup>。冬季枝条剪除量为树体枝量的 20%~25%,花量为 85%~90%,春季疏花疏果量占全树(未修剪时)的 5%~10%。修剪后树高 2.80~3.10 m,冠径 3.1~3.3 m,单株留枝量为 1 400 枝左右,其中中枝、短枝占 50%~60%<sup>[17-19]</sup>。

2008—2010 年的 11 月下旬以树势相对一致的 6 行树作为试验树,每行选地径、树高、冠幅、枝条等长势基本一致的树 10 株,以行为单位,一行采用长放修剪,一行采用更新修剪,重复 3 次。从长放修剪和更新修剪中选择树体大小基本一致的果树各 6 株进行各项指标测定。

### 1.3 采样与测定方法

2009—2011 年的 7 月上旬选多云或阴天,傍晚或阴天在树冠下距主干 0、0.50、1.00、1.50、2.00、2.50 m 处东、南、西、北 4 个方位距地面 0.30 m 处,用 LAI-2000 冠层分析仪(美国 LICOR 公司生产)测定树冠下不同位置的叶面积指数(LAI)、冠层开度(DIFN)、平均叶倾角(MTA)。LAI-2000 冠层分析仪测得的冠层开度可完全估计透光率,并可根据叶面积指数、冠层开度计算消光系数( $K = -\ln(DIFN)/LAI$ )<sup>[14-15,20-21]</sup>。整个树冠的叶面积指数、冠层开度、平均叶倾角、消光系数根据相邻 2 个测定点位置的平均数据和树冠投影所占面积进行加权平均。

每次测定时,先将 LAI-2000 冠层分析仪探头放置于无树冠遮阴的空旷处,保持探头水平居中,按下测定按钮,听到 2 声蜂鸣后表明获取了露天数据,然后将探头放入树冠下待测位置,保持水平,按下测定按钮,听到 2 声蜂鸣声后表明测定了树冠下该位置的数据,然后移动探头测定树冠

下其他位置,重复测量 5 次。仪器自动测定不同位置的叶面积系数、冠层开度、平均叶倾角。

2009—2010 年果实采收期在树冠上部、中部和下部阳面中外围各随机采 10 个果实,用于测定果实品质。果实采收期测定单株产量(包含采样果实),根据当时市场价格折算单株产值。果实品质测定:百分之一天平测定单果质量,游标卡尺测定果实横径、纵径,计算果形指数,果形指数=果实纵径/果实横径。目测法估计着色面积,WYT-4 型手持糖量计测定果实可溶性固形物,GY-1 型水果硬度计测定果实硬度,碘滴定法测定果实 Vc 质量分数。分光光度计比色法测定可溶性总糖,即蒽酮-硫酸试剂浸提,在 630 nm 波长分光光度计上测定吸光值。有机酸用 0.1 mol/L NaOH 标准液滴定。

### 1.4 数据处理

将 3 a 或 2 a(果实品质)的测定数据平均后用 2 个样本平均数测验其差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同修剪方式对树冠结构的影响

2.1.1 叶面积指数 盛果末期苹果树树势较弱,加上多年的长放修剪,2 种修剪方式树冠下不同部位的叶面积指数均偏低,长放修剪在树干附近仅为 2.21,其他位置均在 2.00~1.50。更新修剪在树干附近叶面积指数为 3.05,距树干 1.0 m 为 3.00~2.00,距树干 1.0~2.0 m 为 1.7~2.0,距树干 2.5 m 为 1.21(图 1)。长放修剪加权平均为 1.66,更新修剪为 1.82,更新修剪较长放修剪提高 9.64%,显著( $P < 0.05$ )高于长放修剪。

2.1.2 冠层开度 冠层结构特征直接影响着树冠内的太阳辐射强度。长放修剪的冠层开度较大,树干附近为 0.141,而更新修剪为 0.072。距树干 0.5~2.0 m,长放修剪冠层开度为 0.20~0.25,更新修剪为 0.12~0.20(图 2)。长放修剪加权平均为 0.251,更新修剪为 0.218,更新修剪较长放修剪降低 13.15%,极显著( $P < 0.01$ )小于长放修剪,更新修剪树冠吸收的太阳辐射高于长放修剪。

2.1.3 平均叶倾角 不同修剪树冠的平均叶倾角从树干向外围均逐步增加,在距树干不同位置,更新修剪的平均叶倾角均极显著大于长放修剪(图 3)。长放修剪加权平均为 7.14°,更新修剪为 18.08°,更新修剪较长放修剪提高 153.22%,极

显著大于长放修剪。长放修剪的平均叶倾角小,表明叶子越平展,对太阳辐射的截获能力越强,树冠透光性越差。

2.1.4 消光系数 树干附近更新修剪的消光系数略低于长放修剪。距树干 0.5~1.0 m,更新修

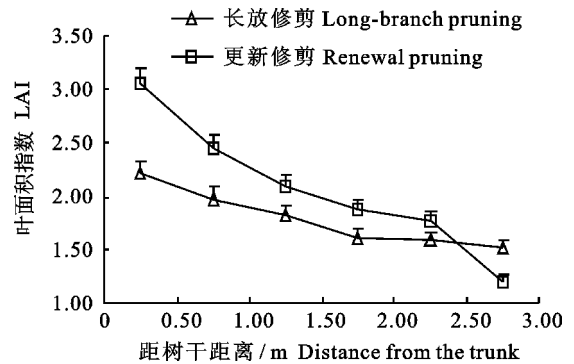


图 1 不同修剪方式对叶面积指数的影响

Fig. 1 The effect of different pruning treatments on leaf area index

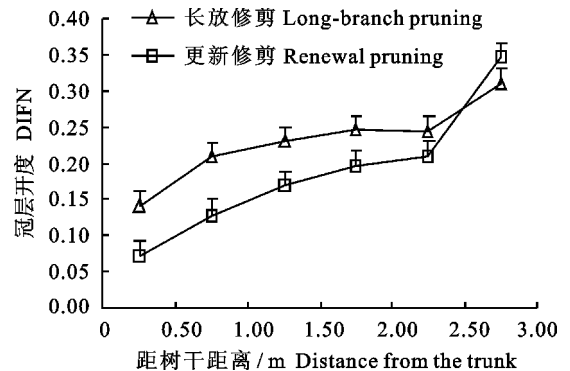


图 2 不同修剪方式对冠层开度的影响

Fig. 2 The effect of different pruning treatments on canopy openness

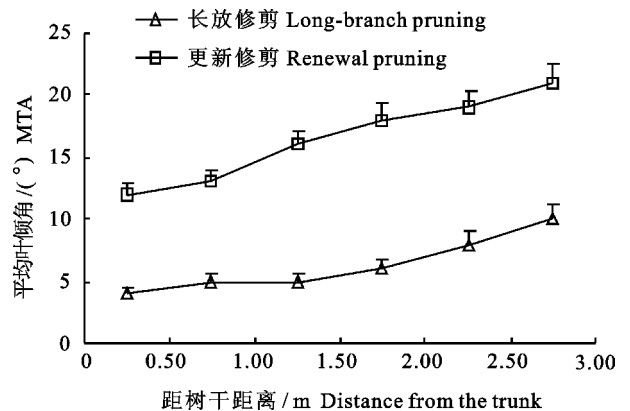


图 3 不同修剪方式对平均叶倾角的影响

Fig. 3 The effect of different pruning treatments on average foliar obliquity

剪较长放修剪提高 5.84%，显著高于长放修剪。距树干 1.5~2.0 m，更新修剪又略低于长放修剪。树冠外围更新修剪高出长放修剪 12.81%，极显著高于长放修剪(图 4)。长放修剪加权平均为 0.841，更新修剪为 0.866，更新修剪较长放修剪提高 2.97%，两者无显著差异。更新修剪的消光系数高，特别是靠近树干附近及树冠外围，说明更新修剪的树冠对光吸收、散射高于长放修剪。长放修剪距树干 0.5~1.0 m 消光系数低，说明长放修剪内膛空虚，影响果树优质高产；树冠外围消光系数低，说明外围枝叶生长量较小，生长细弱。

## 2.2 不同修剪方式对果实品质的影响

更新修剪与长放修剪单株留果量相同，长放

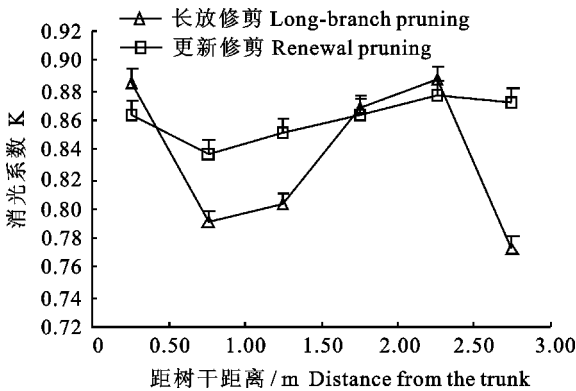


图 4 不同修剪方式对消光系数的影响

Fig. 4 The effect of different pruning treatments on extinction coefficient

表 1 不同修剪方式下果实品质、产量及产值

Table 1 Effect of different pruning types on apple fruit quality, yield and output value

树冠部位 Position	修剪方式 Pruning type	单果质量/g Single fruit mass	着色面积/% Coloring area	果形指数 Fruit shape index	可溶性固形物/ (mg/g) Soluble solid	可溶性糖/ (mg/g) Total sugar	有机酸/ (mg/g) Organic acids	硬度/ (kg/cm <sup>2</sup> ) Firmness	Vc/ (mg/g)
上部 Top	长放修剪 Long-branch pruning	168.3	98.6	0.85	133	112.1	3.1	9.6	0.065
	更新修剪 Renewal pruning	224.4**	98.3	0.91*	133	111.9	3.4*	9.5	0.065
中部 Middle	长放修剪 Long-branch pruning	184.3	97.2	0.83	137	111.6	3.2	9.5	0.065
	更新修剪 Renewal pruning	228.6**	96.9	0.89*	136	111.6	3.5*	9.4	0.067
下部 Bottom	长放修剪 Long-branch pruning	202.2	96.4	0.82	135	111.3	3.3	9.3	0.064
	更新修剪 Renewal pruning	232.8**	96.8	0.87*	134	111.4	3.6*	9.2	0.063

注: \* 表示同列数据达到显著差异水平( $P < 0.05$ ); \*\* 表示同列数据达到极显著差异水平( $P < 0.01$ )。

Note: \* within the same column indicates significant difference at  $P < 0.05$ , \*\* indicates significant difference at  $P < 0.01$ .

## 3 讨论

叶面积指数是研究植物冠层物质和能量交换的一个重要参数。合理的叶面积是果树充分利用光能、保证高产优质的主要条件。果园维持一个

修剪的树冠内膛空虚，结果部位主要在树冠外围，水分、养分运输途径较长，不利于果实生长，而更新修剪的结果部位靠近主干、主枝，水分、养分运输途径短，符合“就近运输”，利于果实生长。更新修剪平均单果质量较长放修剪提高 23.61%，显著大于长放修剪。更新修剪的叶面积指数高，且结果部位靠近主干，果实生长的微环境、部位优越，因而更新修剪的果实发育良好，果形指数大于长放修剪，有机酸质量分数提高。更新修剪与长放修剪的叶面积指数均比较低，树冠内的遮阴对果实着色影响较小，因此，两者的果实着色面积无显著差异。果实内在品质主要受气候、土壤等因素的影响，更新修剪与长放修剪的立地环境及土壤养分、病虫害防治等管理措施相同，且果园叶面积指数均较低，通风透光状况良好，因此，更新修剪与长放修剪的果实可溶性固形物、Vc 质量分数、可溶性糖、果实硬度等无显著差异(表 1)。更新修剪产量平均为 58.82 kg/株，产值为 188.2 元/株，长放修剪产量平均为 45.24 kg/株，产值为 126.6 元/株，更新修剪的产量、产值较长放修剪提高 30.18% 和 48.66%，均极显著高于长放修剪。更新修剪产量显著高于长放修剪，一方面是由于更新修剪的单果质量提高，另一方面是更新修剪的结果部位靠近主干、主枝，长放修剪在树冠外围，更新修剪受到的风害、鸟害较少，长放修剪则较多。

理想的群体叶面积和个体叶面积指数，是保证果树丰产和健康生长的关键。果园叶面积系数维持在何种水平，与其立地环境、砧木、品种、管理水平等密切相关。孙志鸿等<sup>[5]</sup>认为盛果期苹果园叶面积系数应维持在 3.5~4.0，张庆山<sup>[22]</sup>认为应维持

在 3.0~4.0, 而王亮等<sup>[14]</sup>认为应维持在 2.0~2.5。盛果末期苹果树采用更新修剪, 抬高枝条角度, 减少花芽量, 促进叶片光合作用, 提高树体营养, 促进枝条生长发育<sup>[17-19]</sup>, 叶面积指数由长放修剪的 1.66 提高到 1.82, 但仍低于优质丰产园应维持的指数。更新修剪后枝条生长旺盛, 叶片上倾, 因而平均叶倾角较大。长放修剪的树冠较大, 叶面积指数较小, 因而其冠层开度较大。长放修剪平均叶倾角较小, 其消光系数应较大, 但由于其叶面积指数低, 特别是近树干部位的较低, 故其消光系数较小。更新修剪与长放修剪相比, 叶面积指数高、冠层开度小、平均叶倾角高、消光系数高, 说明更新修剪树冠吸收较多的太阳照射, 可合成较多的光合物质。

更新修剪与长放修剪相比, 冠层开度降低、树冠缩小、叶面积指数增大、平均叶倾角提高、消光系数略微提高, 这些变化均有利于营养的就近分配, 促进果实生长, 因而更新修剪的单果质量提高。更新修剪与长放修剪的留果量相同, 由于单果质量提高, 因而其产量显著提高。更新修剪后果实生长的微环境利于果实生长发育, 因此, 其果形指数、果实有机酸质量分数等显著提高。更新修剪后的叶面积指数仍维持在较低的水平, 对树冠通风透光影响较小, 冠层开度、消光系数等较为合理, 因而果实着色面积没有受到显著影响。同一气候条件下果实品质主要与土壤矿质营养、有机质等密切相关<sup>[17]</sup>, 故更新修剪对果实可溶性固形物、可溶性糖、硬度、维生素等无显著影响。

## 4 结论

盛果末期苹果树采用更新修剪, 叶面积指数提高 9.64%, 冠层开度降低 13.15%, 平均叶倾角提高 153.22%, 距树干 0.5~1.0 m 消光系数提高 5.84%, 树冠外围提高 12.81%。

盛果末期苹果树采用更新修剪, 单果质量、产量、产值分别提高 23.61%、30.18%、48.66%。更新修剪提高盛果末期苹果树果实的果形指数、有机酸质量分数, 对果实着色面积、可溶性固形物、可溶性糖、硬度、Vc 等无显著影响。

### 参考文献:

- [1] Asada T, Arakawa O. The analysis of light interception and leaf area index (LAI) in central leader "Fuji/M26" and "Jonagold/26" apple orchards producing high yields and quality fruit[J]. *Acta Hort*, 2000, 525: 421-423.
- [2] Buler Z, Mika A, Trerder W. Influence of new train systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield, its quality and canopy illumination[J]. *Acta Hort*, 2001, 557: 253-259.
- [3] Hampson C R, Quamme H A, Brownlee R T. Canopy growth, yield, and fruit quality of "Royal Gala" apple trees grown for eight years in five tree training systems[J]. *The American Society for Horticultural Science*, 2002, 37(4): 627-631.
- [4] 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[J]. *新疆农业科学*, 2001, 38(6): 309-312.
- [5] 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.
- [6] 魏钦平, 鲁韧强, 张显川, 等. 富士苹果高于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.
- [7] 张国林, 梁群. 苹果树冠结构对果实品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(26): 11301-11302.
- [8] 路超, 王金政, 薛晓敏, 等. 苹果树冠不同区果实产量和品质特征及其与枝叶空间分布的关系[J]. *山东农业科学*, 2009(7): 45-49, 52.
- [9] 孙志鸿, 魏钦平, 杨朝选, 等. 红富士苹果树冠枝(梢)叶分布与温度、湿度的关系[J]. *果树学报*, 2008, 25(1): 6-11.
- [10] 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.
- [11] 孟平, 张劲松, 高峻, 等. 苹果树冠层空气温差变化及其与环境因子的关系[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(9): 2030-2034.
- [12] 张强, 魏钦平, 王小伟, 等. 乔砧富士苹果树冠枝梢数量和分布对产量与品质的影响[J]. *园艺学报*, 2010, 37(8): 1205-1212.
- [13] 郝玉梅, 李凯荣. 洛川县红富士苹果树冠层特性初步研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(5): 75-79.
- [14] 王亮, 郭小平, 毕华兴, 等. 晋西地区不同树龄富士苹果树群体冠层结构特征研究[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2010, 38(11): 115-120.
- [15] 王谦, 陈景玲, 孙志强. LAI-2000 冠层分析仪在不同植物群体光分布特征研究中的应用[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(5): 922-927.
- [16] 高登涛, 韩明玉, 李丙智, 等. 冠层分析仪在苹果树冠结构光学特性方面的研究[J]. *西北农业学报*, 2006, 15(3): 166-170.
- [17] 李明霞, 白岗栓, 闫亚丹, 等. 山地苹果树更新修剪对树体营养及生长的影响[J]. *园艺学报*, 2011, 38(1): 139-144.
- [18] 李明霞, 耿桂俊, 白岗栓, 等. 更新修剪对盛果末期苹果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*, 2011, 39(1): 179-185.
- [19] 杜社妮, 李明霞, 耿桂俊, 等. 更新修剪对盛果末期苹果树体营养及品质的影响[J]. *北方园艺*, 2011(8): 19-22.
- [20] 程武学, 潘开志, 杨新建. 叶面积指数(LAI)测定方法研究进展[J]. *四川林业科技*, 2010, 31(3): 51-54, 78.
- [21] 杨伟春, 谢特新. 采用 LAI-2000 植物冠层分析仪观察桑树生长变化及测算桑叶产量[J]. *蚕业科学*, 2008, 34(3): 506-509.
- [22] 张庆山. 苹果优质丰产关键技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 11.