

更新修剪对盛果末期苹果光合能力及果实品质的影响

李明霞^{1a}, 耿桂俊², 白岗栓^{2,1b}, 杜社妮^{2,1b}, 李晶晶²

(1 西北农林科技大学 a 林学院, b 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)

【摘要】 【目的】探讨更新修剪对盛果末期苹果树光合能力及枝条生长、果实品质的影响。【方法】在渭北旱原,对盛果末期苹果树进行更新修剪和长放修剪(对照),利用 LI-6400 光合仪测定 2 种修剪方式下不同枝条叶片的光合能力,并测定枝条生长状况和果实品质的相关指标。【结果】盛果末期苹果树果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的光合速率和气孔导度日变化曲线均呈双峰曲线,蒸腾速率则呈单峰曲线,胞间 CO₂ 浓度呈“反抛物线”;更新修剪极显著提高了不同枝条叶片的光合速率、气孔导度和蒸腾速率,极显著降低了叶片胞间 CO₂ 浓度;更新修剪显著或极显著提高了中枝、长枝的数量,显著或极显著提高了果实单株产量、单果质量、果形指数及有机酸、可溶性固形物和可溶性糖含量,对果实硬度及维生素 C 含量无显著影响。【结论】更新修剪提高了盛果末期苹果树叶片的的光合能力,促进了枝条生长,提高了果实产量和单果质量。

【关键词】 盛果末期苹果树;更新修剪;光合能力;果实品质;枝条生长

【中图分类号】 S661.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)01-0179-07

Effect of renewal pruning on apple photosynthetic ability and fruit quality in final full productive stage

LI Ming-xia^{1a}, GENG Gui-jun², BAI Gang-shuan^{2,1b},
DU She-ni^{2,1b}, LI Jing-jing¹

(1 a College of Forestry, b 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)

Abstract: 【Objective】 The study was to investigate the effect of renewal pruning on photosynthetic ability and shoots growth, fruit quality of apple tree in final full productive stage. 【Method】 In Weibei Plateau, renewal pruning and long branch pruning (control) on final full productive stage, photosynthetic ability of different shoots with two types of pruning were measured by LI-6400 photosynthetic, and shoot growth and related indicators of fruit quality were measure. 【Result】 The diurnal variation of photosynthetic rate and stomatal conductance of bourse shoot, leafage shoot and vegetative shoot all showed bimodal curve, the diurnal variation of transpiration showed single curve, and the diurnal variation of intercellular CO₂ concentration showed “anti-parabola curve”. Renewal pruning significantly increased photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration of different shoots; and significantly decreased intercellular CO₂ concentration. Renewal pruning extremely significant or significantly increased amount of long branch and medium branch, extremely significant or significantly increased fruit yields, fruit weight, fruit shape in-

* [收稿日期] 2010-05-07

[基金项目] 中国科学院水利部水土保持研究所科研专项(C127); 国家“十一五”科技攻关项目(2006BAD09B09, 2006BAD09B07, 2006BAJ10B06)

[作者简介] 李明霞(1984—), 女, 陕西靖边人, 在读硕士, 主要从事果树生态研究。E-mail: minghui_yang_9755@163.com

[通信作者] 白岗栓(1965—), 男, 陕西富平人, 研究员, 主要从事果树栽培研究。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn

dex and acid content, soluble solids and the content of soluble sugar; and it had no significant effect on fruit firmness and vitamin C. 【Conclusion】 Renewal pruning increased the photosynthetic ability of leaves, promoted shoots growth, and improved yields and fruit weight of apple tree in final full productive stage.

Key words: apple tree in final full productive stage; renewal pruning; photosynthetic ability; fruit quality; shoot growth

陕西省是我国苹果(*Malus domestica* Borkh.)生产第一大省,截至 2006 年,苹果种植面积已达 45.3 万 hm^2 ,总产量达到 650 万 t,约占全国产量的 27%和世界产量的 10%,居全国首位。随着苹果树体的生长,部分果园进入盛果末期或衰老期。盛果末期或衰老期苹果树的向心生长强于离心生长、生殖生长强于营养生长,而果农仍沿用幼树、旺树的长放修剪方法,结果造成花量过大、枝条生长细弱、果个变小、品质变差,影响了果园的经济收入和树体寿命。更新修剪可维持树冠结构完整,调节生长与结果的矛盾,达到连年优质、丰产,防止树体早衰。刘权等^[1]对枇杷(*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)、周然^[2]对椪柑(*Citrus reticulata* Blanco)进行了更新修剪,不但恢复了树势,而且提高了果实产量及经济产值,延长了经济结果年限。近年来,有关苹果整形修剪方面的研究多集中于幼树修剪^[3-5]、根系修剪^[6-8]和拉枝角度^[9-11]等对树体生长、产量、品质的影响方面,有关根系修剪、篱壁式整形、开心形整形对苹果光合能力及果实品质的影响也有报道^[12-14],而关于更新修剪对盛果末期苹果树光合能力及果实品质的影响研究较少。为此,本试验以陕西渭北旱原盛果末期苹果树为研究对象,于 2008—2009 年开展了更新修剪对盛果末期苹果树不同枝条叶片光合能力及枝条生长、果实品质的影响研究,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 试验地的自然条件

试验地位于中国科学院长武黄土高原农业生态试验站(简称长武试验站)。长武试验站位于黄土高原中南部陕甘交界处,地处陕西省咸阳市长武县王东沟村,东经 $107^{\circ}30' \sim 107^{\circ}42'$,北纬 $35^{\circ}12' \sim 35^{\circ}16'$,海拔 1 200 m,为温暖带半湿润大陆性季风气候。长武站年日照时数 2 226.5 h,日照百分率 51%,年平均气温 9.1°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\,029^{\circ}\text{C}$,多年平均无霜期 171 d,平均年降雨量 584 mm。长武试验站土壤为黑垆土,母质为中壤质马兰黄土,土层厚度 80~200 m,富含钾、镁、钙、锌、硒等多种营养

元素。长武试验站地下水位 50~80 m,无灌溉条件,属典型的旱作雨养农业区。

1.2 试验材料 with 处理

试验材料为 1990 年春季定植的红富士苹果树,砧木为新疆野苹果(*Malus sieversii* (Ldb.) Roem),株行距 3.0 m $\times$ 4.0 m,东西行向,小冠疏层形。试验树高 3.35 m,冠径 2.3~2.6 m,枝条长 10.3 cm,枝条直径 0.36 cm,树干直径 24.2 cm,前 3 年平均株产 40.0 kg,平均单果质量 210 g,优质商品果率 21.5%。试验园所有苹果均套纸袋。

(1) 长放修剪(对照)。长放修剪分冬季修剪和生长季节修剪。冬季修剪主要包括:一是剪除直立枝、裙枝、重叠枝和极度衰弱的结果枝、下垂枝(1 年生枝长度 <3.0 cm);二是大多数枝条采用长放及拉枝、压枝等方法,培养为单轴延伸结果枝组或珠帘式结果枝组;三是同一方向 2 个大枝间隔距离小于 30 cm 的直接疏除 1 个大枝。生长季节修剪的方法为:一是花期、幼果期通过疏花、疏果,将留果量确定为 $0.20 C^2$ (C 为树干周长,单位为 cm);二是及时去除剪口萌芽,揉平、拉平直立新梢。长放修剪冬季剪除量为树体枝量的 10.0%~12.0%;生长季节剪除的萌芽及直立新梢约占总新梢量的 5.0%~7.0%,花期、幼果期疏花、疏果量占全树花、果量的 90.0%~95.0%。长放修剪后树冠大小、树高基本与修剪前相同,单株留枝量为 1 500 枝左右,其中中枝、短枝占 90%以上。

(2) 更新修剪。更新修剪也分为冬季修剪和生长季节修剪,但以冬季修剪为主。冬季修剪首先剪除裙枝、交叉枝、重叠枝等,然后根据 1 年生枝条的长度,采用不同的修剪方法。1 年生枝长度 >30 cm 的枝一般不回缩,不短截,长放;1 年生枝长度在 20~30 cm 的斜生枝回缩到 2 年生枝处,下垂枝回缩到 3 年生枝处,直立枝长放或轻短截,不回缩;1 年生枝长度在 10~20 cm 的斜生枝回缩到 3 年生枝处,下垂枝全部疏除,直立枝长放或轻短截;1 年生枝长度 <10 cm 的斜生枝回缩到 4~5 年生枝处,下垂枝全部疏除,直立枝回缩到 2~3 年生枝处。对于内膛生长细弱的枝条进行短截,培养健壮的结果枝

组;对于串花枝、腋花芽枝进行回缩、短截,剪除 65.0% 以上的花芽;对于顶部枝条生长衰弱、1 年生枝长度 < 10 cm、树体高度 > 320 cm 的树落头开心。冬季修剪中尽量剪除下垂枝,抬高枝条角度,培养斜上的结果枝组。冬季修剪后预留花芽量为 0.22 C²;春季疏花、疏果后留果量为 0.20 C²。生长季节及时去除剪口萌芽,对于生长势较强的直立枝以 50°~75° 进行斜拉、揉枝并进行摘心,培养为新的结果枝组。更新修剪的冬季剪除量为树体枝量的 20.0%~25.0%,花量为全树的 85.0%~90.0%,生长季节剪除的萌芽及直立新梢约占总新梢量的 3.0%~4.0%,疏花疏果量占全树(未修剪时)的 5.0%~10.0%。修剪后树高 2.80~3.10 m,冠径 2.1~2.3 m,单株留枝量为 1 000 枝左右,其中中枝、短枝占 50%~60%。

2008-12 月上旬以树势相对一致的 2 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 20 株,以 2 株树为 1 个小区,其中 1 小区采用长放修剪,另 1 小区采用更新修剪,每行重复 5 次,从长放修剪和更新修剪处理中选择树体大小基本一致的 6 株进行各项指标测定。

1.3 测定指标及其方法

于 2009 年 5 月下旬、6 月中旬、7 月中旬各选择一个晴天,从 08:00—18:00 用美国产 LI-6400 型便携式光合测定仪每小时测定 1 次东南方向树冠 1/3 处长放修剪与更新修剪不同枝条(果台副梢、叶丛枝和发育枝)叶片的光合日变化特性,每种枝条选择 2 个叶片进行测定。果台副梢叶片是从基部数第 2,3 个

发育完全的叶片;叶丛枝叶片是发育完全的 2 个最大叶片;发育枝叶片是从枝条基部数第 3,4 个发育完全的叶片。测定时叶室方向与太阳光线方向垂直。

于当年 10 月中旬果实采收期,调查不同处理单株的产量、单果质量,测定果形指数、硬度及可溶性固形物、有机酸、可溶性糖、维生素 C 含量。果实采收期测定单株产量;1/100 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;果实硬度用 GY-1 型水果硬度计测定;可溶性固形物含量用 WYT-4 型手持糖量计测定;有机酸含量用 0.1 mol/L NaOH 标准液滴定;可溶性糖含量用分光光度计比色法测定,即蒽酮-硫酸试剂浸提,在分光光度计上于 630 nm 处测定吸光值;果实维生素 C 含量用碘滴定法测定。

落叶后(11-20)在树冠外围东、南、西、北 4 个方向各选 1.0 m³ 树冠,调查徒长枝(长度 > 30.0 cm)、长枝(15.0 cm < 长度 ≤ 30.0 cm)、中枝(5.0 cm < 长度 ≤ 15.0 cm)、短枝(1.0 cm < 长度 ≤ 5.0 cm)、叶丛枝(长度 ≤ 1.0 cm)的数量及比例,同时调查营养枝、结果枝的数量及比例。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 进行统计处理,用 SPSS 软件进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 更新修剪对苹果叶片光合速率的影响

更新修剪对苹果叶片光合速率的影响见图 1。

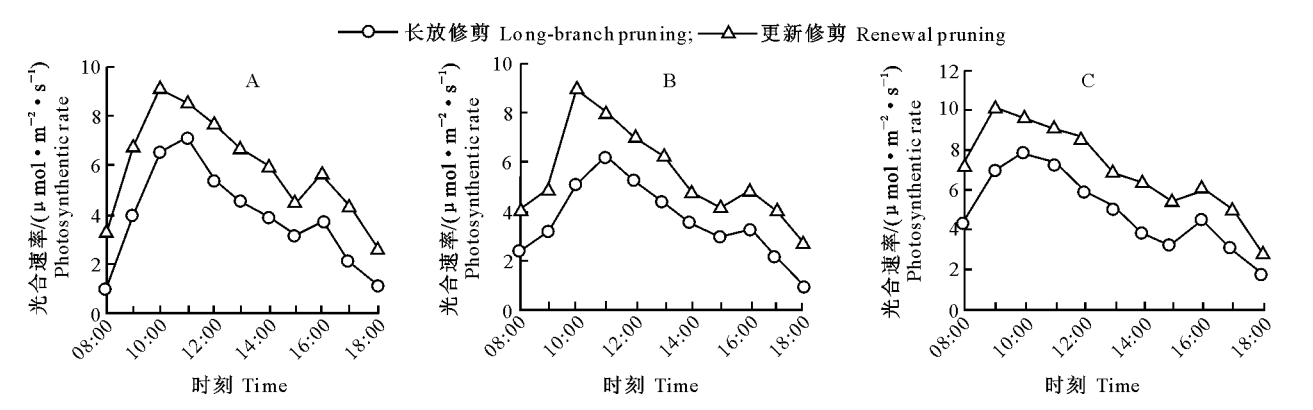


图 1 不同修剪方式下不同枝条苹果叶片光合速率的日变化
A. 果台副梢;B. 叶丛枝;C. 发育枝
Fig.1 Diurnal photosynthetic rates of different shoot by different pruning types
A. Bourse shoot;B. Leafage shoot;C. Vegetative shoot

图 1 显示,更新修剪和长放修剪不同枝条叶片的光合速率日变化曲线均为双峰曲线,更新修剪不同枝条叶片的日均光合速率为:果台副梢 5.96 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,叶丛枝 5.55 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,发育枝 7.05 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其中发育枝的日均光合速率极显著高于果台副梢和叶丛枝($P < 0.01$),果台副梢

显著高于叶丛枝($P<0.05$)。长放修剪不同枝条叶片的日均光合速率为:果台副梢 $3.85\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,叶丛枝 $3.62\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,发育枝 $4.89\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,也表现为发育枝的日均光合速率极显著高于果台副梢和叶丛枝,果台副梢显著高于叶丛枝。更新修剪的果台副梢、叶丛枝叶片光合速率第 1 峰值出现在 10:00,而长放修剪出现在 11:00;更新修剪的发育枝叶片光合速率第 1 峰值出现在 09:00,而长放修剪出现在 10:00,可见更新修剪使不同枝条叶片光合速率第 1 峰值提前 1 h 出现。更新修剪与长放修剪不同枝条叶片光合速率次峰值均出现在 16:00,二者相同。更新修剪和长放修剪不同枝条叶片的光合速率均有明显的“午休”现象,更新修剪不同程度地减轻了光合“午休”现象;更新修剪的果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的日均光合速率比长放修剪分别提高了 35.3%,34.8% 和 30.6%,差异均达极显著水平($P<0.01$)。

2.2 更新修剪对苹果叶片气孔导度的影响

由图 2 可见,更新修剪与长放修剪不同枝条叶

片的气孔导度日变化曲线均为双峰曲线,与光合速率日变化规律相似。更新修剪不同枝条叶片的日均气孔导度为:果台副梢 $0.13\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,叶丛枝 $0.12\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,发育枝 $0.14\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,其中发育枝的日均气孔导度显著高于果台副梢,极显著高于叶丛枝,果台副梢显著高于叶丛枝。长放修剪不同枝条叶片的日均气孔导度为:果台副梢 $0.089\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,叶丛枝 $0.075\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,发育枝 $0.097\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,其中发育枝的日均气孔导度显著高于果台副梢,果台副梢极显著高于叶丛枝。更新修剪、长放修剪的果台副梢、叶丛枝叶片气孔导度第 1 峰值均出现在 10:00,第 2 峰值果台副梢出现在 16:00,叶丛枝出现在 15:00。更新修剪、长放修剪的发育枝叶片气孔导度第 1 峰值均出现在 09:00,第 2 峰值出现在 16:00。更新修剪的果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的日均气孔导度比长放修剪分别提高了 33.9%,34.6% 和 27.5%,差异均达极显著水平($P<0.01$)。

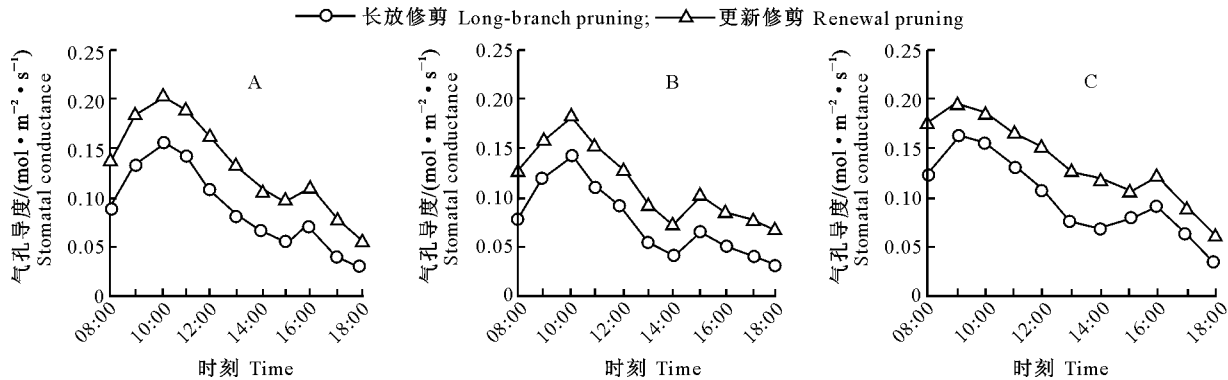


图 2 不同修剪方式下不同枝条苹果叶片气孔导度的日变化

A. 果台副梢;B. 叶丛枝;C. 发育枝

Fig. 2 Diurnal stomatal conductance of different shoot by different pruning type

A. Bourse shoot;B. Leafage shoot;C. Vegetative shoot

2.3 更新修剪对苹果叶片蒸腾速率的影响

由图 3 可见,更新修剪与长放修剪不同枝条叶片的蒸腾速率日变化曲线均呈“抛物线”型,为单峰曲线,最高值出现在 12:00。更新修剪不同枝条叶片的日均蒸腾速率为:果台副梢 $3.35\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,叶丛枝 $3.00\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,发育枝 $3.20\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,其中果台副梢的日均蒸腾速率极显著高于叶丛枝,显著高于发育枝,发育枝极显著高于叶丛枝。长放修剪不同枝条叶片的日均蒸腾速率为:果台副梢 $2.56\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,叶丛枝 $2.25\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,发育枝 $2.52\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,其中果台副梢、发育枝的日均蒸腾速率显著高于叶

丛枝,而果台副梢、发育枝之间无显著差异。更新修剪果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的日均蒸腾速率比长放修剪分别提高了 23.4%,25.1% 和 21.3%,差异均达极显著水平($P<0.01$)。

2.4 更新修剪对苹果叶片胞间 CO₂ 浓度的影响

图 4 显示,更新修剪与长放修剪不同枝条叶片的胞间 CO₂ 浓度均呈“反抛物线”型,最低值均出现在 14:00,变化趋势与蒸腾速率日变化相反。更新修剪不同枝条叶片的日均胞间 CO₂ 浓度为:果台副梢 $237.3\text{ }\mu\text{mol}/\text{mol}$,叶丛枝 $230.1\text{ }\mu\text{mol}/\text{mol}$,发育枝 $231.4\text{ }\mu\text{mol}/\text{mol}$,表现为果台副梢>发育枝>叶丛枝,但不同枝条间无显著差异。长放修剪不同枝

条叶片的日均胞间 CO₂ 浓度为:果台副梢 289.9 μmol/mol,叶丛枝 285.2 μmol/mol,发育枝 281.9 μmol/mol,表现为果台副梢>叶丛枝>发育枝,不同枝条间无显著差异。更新修剪果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片日均胞间 CO₂ 浓度比长放修剪分别降低了 18.1%,19.3%和 17.9%,差异均达极显著水平($P<0.01$)。

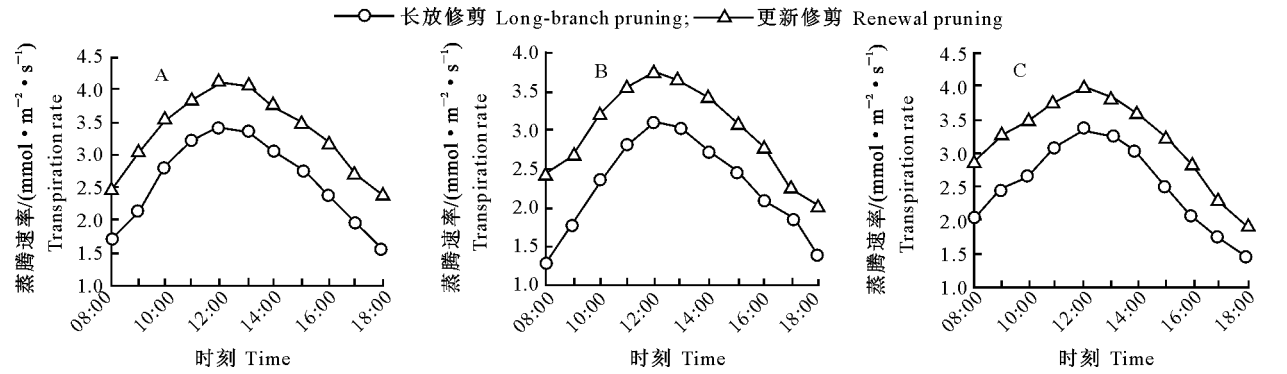


图 3 不同修剪方式下不同枝条苹果叶片蒸腾速率的日变化
A. 果台副梢;B. 叶丛枝;C. 发育枝
Fig. 3 Diurnal transpiration rate of different shoots by different pruning types
A. Bourse shoot;B. Leafage shoot;C. Vegetative shoot

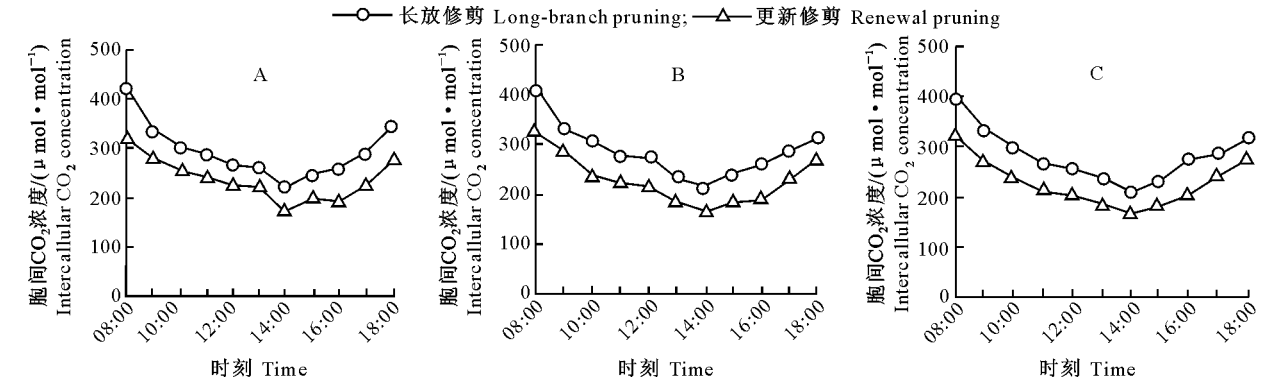


图 4 不同修剪方式下不同枝条苹果叶片胞间 CO₂ 浓度的日变化
A. 果台副梢;B. 叶丛枝;C. 发育枝
Fig. 4 Diurnal intercellular CO₂ concentration of different shoot by different pruning types
A. Bourse shoot;B. Leafage shoot;C. Vegetative shoot

2.5 更新修剪对苹果果实品质和枝条生长的影响
更新修剪减少了地上部生长点,提高了树体营养,为优质果品生产奠定了基础。更新修剪显著或极显著提高了果实单株产量、单果质量、果形指数及可溶性固形物、有机酸和可溶性糖含量,对果实硬度、维生素 C 含量无显著影响。

表 1 不同修剪方式对苹果果实品质的影响								
Table 1 Effect of different pruning types on apple fruit quality								
修剪方式 Pruning type	单株产量/kg Yields	单果质量/g Fruit weight	果形指数 Fruit shape index	可溶性固形物/ (g·kg ⁻¹) Soluble solid	可溶性糖/ (g·kg ⁻¹) Total sugar	有机酸/ (g·kg ⁻¹) Organic acids	硬度/ (kg·cm ⁻²) Firmness	维生素 C/ (μg·kg ⁻¹) Vitamin C
长放修剪 Long-branch pruning	37.3	224.2	0.85	32.51	24.95	8.25	8.88	0.64
更新修剪 Renewal pruning	42.6***	263.8***	0.89*	37.83***	30.05***	9.26*	8.88	0.63

注:*表示 2 种修剪方式间差异达显著水平($P<0.05$);**表示 2 种修剪方式间差异达极显著水平($P<0.01$)。下表同。
Note:* within the same column indicate significant difference at $P<0.05$; ** indicate significant difference at $P<0.01$ levels. The same below.

由表 2 可知,更新修剪对相同体积树冠的枝条总量无显著影响,但更新修剪极显著提高了徒长枝、长枝的数量,显著提高了中枝数量,极显著降低了短枝;更新修剪极显著提高了营养枝的数量,并极显著

降低了叶丛枝和结果枝的数量,为盛果期果树提供了相对良好的营养枝、结果枝比例。

表 2 不同修剪方式对苹果枝条生长的影响

Table 2 Effect of different pruning types on apple shoot growth

修剪方式 Pruning type	项目 Item	枝条长度 Shoot length				枝条类型 Branch type			合计 Total branch
		徒长枝 Water branch	长枝 Long branch	中枝 Medium branch	短枝 Short branch	叶丛枝 Leafage branch	营养枝 Foliage branch	结果枝 Fruit branch	
长放修剪 Long-branch pruning	数量/(条·株 ⁻¹) Amount	1.40	7.10	24.80	43.20**	46.80**	9.50	113.70**	123.30
	比例/% Ration	1.10	5.79	20.14	35.03	37.93	7.72	92.28	100.0
更新修剪 Renewal pruning	数量/(条·株 ⁻¹) Amount	8.90**	20.80**	31.70*	28.50	26.70	34.00**	82.70	116.70
	比例/% Ration	7.64	17.82	27.16	24.47	22.91	29.14	70.84	100.0

3 讨 论

盛果末期果树生殖生长强于营养生长,向心生长强于离心生长,修剪的任务是维持树冠结构完整,调和生长与结果的矛盾,达到连年优质丰产。刘权等^[1]对枇杷进行了更新修剪,显著提高了枇杷的产量,促进了枝条生长,增加了结果枝的比例;陈登科等^[15]对龙眼(*Euphoria longana* Lam.)进行了更新修剪,促进了龙眼枝条的健壮生长;欧世金等^[16]在红象牙杧(*Mangifera indica* L.)果实生长发育中后期进行重剪,改善了果实外观,提高了商品果率,且对采后枝梢生长量、次年枝梢成花率以及产量有促进作用;周然^[2]对衰老椪柑进行了更新修剪,恢复了树势,提高了产量。本试验针对盛果末期苹果树树势衰弱、花芽量大、果个变小、产量降低等问题,采用短截、回缩等更新修剪方法,剪除了衰弱枝,减少了花芽量,抬高了枝条角度,提高了长枝、中枝数量,减少了结果枝数量和地上部分的生长点,促进了叶片、枝条的健壮发育,提高了叶片的光合速率,促进了果实生长。而长放修剪采用长放及拉枝、压枝等方法培养单轴延伸结果枝组或珠帘式结果枝组,不回缩、不短截串花枝、掖花芽枝,不剪除衰弱枝等,依靠花期、幼果期的疏花、疏果确定留果量,不仅浪费大量的树体营养,削弱枝条生长,降低了叶片的光合速率,造成果个变小,产量降低,经济产值降低,而且形成大量的短枝、叶丛枝和花芽,造成翌年树体进一步衰弱,致使果实产量降低、果个变小。更新修剪后树高降低,冠幅减小,近地面通风良好,改善了行间和树冠内部的通风透光状况,为叶片光合作用及树体生长提供了良好的外界环境,提高了叶片的光合能力,且不同程度地减轻了光合“午休”现象。叶片的光合速率与气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度密切相关,随着叶片光合能力的提高,气孔导度、蒸腾速率均显著提高;气孔导度下降或光合能力提高

都可减少胞间 CO₂ 浓度^[17],因此更新修剪的不同枝条叶片胞间 CO₂ 浓度显著降低。

更新修剪提高了叶片的光合速率,增加了光合产物的积累,但其地上部生长点相对减少,因此其徒长枝、长枝、中枝比例显著增加,短枝、叶丛枝比例显著下降,果实单株产量、单果质量、果形指数和可溶性糖含量显著提高。虽然光合产物对果实硬度及可溶性固形物、有机酸、维生素 C 含量有一定的影响,但同一气候条件下果实品质主要与土壤矿质营养、有机质密切相关,因此更新修剪对果实硬度及可溶性固形物、有机酸、维生素 C 无显著影响。

4 结 论

1)盛果期苹果树果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的光合速率和气孔导度日变化均呈双峰曲线,蒸腾速率则呈单峰曲线,胞间 CO₂ 浓度呈“反抛物线”,不同枝条叶片的光合能力表现为发育枝>果台副梢>叶丛枝。

2)更新修剪显著提高了果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的光合速率、气孔导度和蒸腾速率,显著降低了叶片胞间 CO₂ 浓度。

3)更新修剪显著提高了徒长枝、长枝、中枝的比例,显著降低了短枝、叶丛枝的比例。更新修剪显著或极显著提高了单株产量、单果质量、果形指数及有机酸、可溶性固形物和可溶性糖含量,但对果实硬度及维生素 C 含量无显著影响。

更新修剪提高了叶片的光合速率,促进了枝条健壮发育,提高了果实产量和单果质量,对盛果期苹果树的持续生产具有一定的指导意义。

[参考文献]

[1] 刘 权,吕均良,应芝秀,等. 枇杷更新修剪的研究 [J]. 浙江农业大学学报,1994,20(1):33-37.
Liu Q,Lü J L,Ying Z X,et al. Study on renovation pruning in loquat [J]. Journal of Zhejiang Agricultural University,1994,

- 20(1):33-37. (in Chinese)
- [2] 周 然. 更新修剪对衰老椴柑树势及产量的影响 [J]. 云南农业科技, 2008(6):14-15, 19.
Zhou R. The effect of renewal pruning on the growth condition and yield of aging Ponkan [J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2008(6):14-15, 19. (in Chinese)
- [3] 白岗栓, 杜社妮, 侯喜录. 不同修剪措施对苹果幼树生物量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(1): 91-95.
Bai G S, Du S N, Hou X L. Effect of different pruning treatments on young apple tree's biomass [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2005, 33(1): 91-95. (in Chinese)
- [4] 李绍华, 李 明, 刘国杰, 等. 直立中央领导干树形条件下幼年苹果树体生长特性的研究 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 826-830.
Li S H, Li M, Liu G J, et al. Vegetative growth characters of the young apple trees trained in vertical axis [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35(7): 826-830. (in Chinese)
- [5] Lauri P É, Térouanne É. The influence of shoot growth on the pattern of axillary development on the long shoots of young apple trees (*Malus domestica* Borkh.) [J]. International Journal of Plant Sciences, 1998, 159: 283-296.
- [6] 秦 玲, 魏钦平, 李嘉瑞, 等. 成龄苹果树形改造对根系生长分布的影响 [J]. 果树学报, 2006, 23(1): 105-107.
Qin L, Wei Q P, Li J R, et al. Effects of reformation of the apple tree canopy on root distribution [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 105-107. (in Chinese)
- [7] 吕德国, 秦秀霞. 3 年生盆栽苹果树根系修剪的研究 [J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2000, 31(4): 389-394.
Lü D G, Qin X X. Study on the root system pruning of three-year-old potted apple trees [J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science, 2000, 31(4): 389-394. (in Chinese)
- [8] Ferree D C. Time of root pruning influences vegetative growth, fruit size, biennial bearing and yield of Jonathan delicious apple trees [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1992, 117(2): 198-202.
- [9] 韩明玉, 李永武, 范崇辉, 等. 拉枝角度对富士苹果树生理特性和果实品质的影响 [J]. 园艺学报, 2008, 35(9): 1345-1350.
Han M Y, Li Y W, Fan C H, et al. Effects of branch bending angle on physiological characteristics and fruit quality of Fuji apple [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(9): 1345-1350. (in Chinese)
- [10] Lauri P É, Lespinasse J M. Genotype of apple trees affects growth and fruiting responses to shoot bending at various times of year [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001, 126: 169-174.
- [11] Greene D W, Autio W R. Notching techniques increase branching of young apple trees [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1994, 119: 678-682.
- [12] Geisler D, Ferree D C. The influence of root pruning on water relations, net photosynthesis, and growth of young golden delicious apple trees [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1984, 109(6): 827-831.
- [13] 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作用和果实品质的影响 [J]. 新疆农业科学, 2001, 38(6): 309-312.
Xu S L, Chen X Q, Li S H. Effect light distribution characters on photosynthesis quality distribution of red Fuji apple trees trained in vertical axe [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2001, 38(6): 309-312. (in Chinese)
- [14] 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.
Zhang X C, Gao Z Q, Shu X Y, et al. The different ability of photosynthesis and transpiration in different canopy positions of apple with open-center system [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(6): 975-979. (in Chinese)
- [15] 陈登科, 卢美英, 唐 腾, 等. 龙眼重回缩修剪树有机营养及枝梢生长特性 [J]. 广西植物, 2007, 27(5): 755-758.
Chen D K, Lu M Y, Tang T, et al. Organic nutrition and the shoot growing trait of heavily retractive pruned longan tree [J]. Guihaia, 2007, 27(5): 755-758. (in Chinese)
- [16] 欧世金, 黄建芳, 农建营, 等. 夏季重剪对红象牙桩枝梢生长、结果及果实品质的影响 [J]. 中国南方果树, 2007, 36(5): 33-35.
Ou S J, Huang J F, Nong J Y, et al. The effect of summer heavy pruning on the branch, fruit and fruit quality of *Mangifera indica* L. var. Red ivory [J]. China Southern Fruits, 2007, 36(5): 33-35. (in Chinese)
- [17] Hirasawa T, Hsiao T C. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field [J]. Field Crop Research, 1999, 62: 53-62.