

更新修剪对衰老‘富士’苹果枝条生长及树冠结构的影响

杜社妮^{1,2} 白岗栓^{1,2*} 李明霞³ 耿桂俊⁴

(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 712100; 4. 中国水电顾问集团 西北勘探设计研究院,西安 710065)

摘 要 为探寻更新修剪对衰老期‘富士’苹果枝条生长及树冠结构的影响,以长放修剪为对照,测定了枝条生长动态、树冠结构及果实产量和品质。结果表明:不同修剪的发育枝和果台副梢生长动态均为单峰曲线。更新修剪的发育枝长度和粗度分别增加了 63.92%和 20.93%,果台副梢分别增加了 51.14%和 9.76%;相同树冠体积徒长枝、长、中枝和营养枝的数量分别增加了 132.93%、82.59%、54.47%和 76.84%,短枝、叶丛枝和结果枝分别降低了 28.84%、31.57%和 22.64%;单株树冠体积缩小了 14.53%,枝条总量降低了 27.82%;叶面积指数、平均叶倾角和消光系数分别提高了 9.64%、153.22%和 2.97%,冠层开度降低了 13.15%;单果质量和产量分别提高了 23.61%和 30.02%,但对果实食用品质无显著影响。

关键词 苹果; 衰老树; 更新修剪; 枝条发育; 树冠结构

中图分类号 S 661.1

文章编号 1007-4333(2012)03-0074-07

文献标志码 A

Effects of renewal pruning on shoot development and crown structure of the aging Fuji apple tree

DU She-ni^{1,2}, BAI Gang-shuan^{1,2*}, LI Ming-xia³, GENG Gui-jun⁴

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

Abstract This paper is concerned on the effects of renewal pruning on shoot growth and crown structure of the aging Fuji apple tree. The long-branch pruning was used as control. The measured parameters were included shoot growth dynamics, crown structure change, fruit yields and quality. The results showed that both newly-developed shoots and lateral shoots of bearing part of different treatments were of character with a single growth peak. The length and diameter of the newly-developed shoots due to pruning were increased by 63.92% and 20.93% respectively, whereas by 51.14% and 9.76% respectively for the lateral shoots of bearing part. In same crown size, the numbers of water branch, long and medium branch and foliage branch were increased by 132.93%, 82.59%, 54.47% and 76.84% respectively, but short branch, leafage branch and fruit branch by 28.84%, 31.57% and 22.64% respectively. However, the canopy of the pruned tree was reduced by 14.53%. Total number of branches was also reduced by 27.82%. Leaf area index, average foliar obliquity and extinction coefficient were increased by 9.64%, 153.22% and 2.97% respectively. The canopy openness was reduced by 13.15%. The fruit weight and fruit yields were increased by 23.61% and 30.02% respectively. The renewal pruning had no significant effect on fruit eating quality.

Key words aging apple tree; renewal pruning; shoots growth; crown structure

修剪方法和强度往往影响苹果枝条生长发育、树冠结构及果实产量与品质^[1-2]。衰老期苹果树生殖生长强于营养生长,向心生长强于离心生长^[3],修剪应以增强树势,延缓衰老,维持优质高产为目的^[4]。轻剪长放可促进幼树、旺树快速扩大树冠和开花结果^[5],提高初果期苹果树的萌芽率,降低成枝力^[6],但易造成衰老树结果部位外移,腐烂病(*Valsa mali* Migable et Yamada)发生^[7]。腋芽发育影响幼树枝条生长^[8],拉枝时期及角度影响树冠结构^[9-10]。夏季修剪影响叶面积指数与截光量^[11],影响树体激素的产生与平衡^[12]。重剪促进新梢生长,抑制树干及根系生长^[13]。更新修剪可调节枝条生长与结果的矛盾,防止早衰^[14]。刘权等^[15]对枇杷,周然^[16]对椪柑进行了更新修剪,提高了产量,延长了经济结果年限。近年来有关树形及修剪方式对苹果品质和光照方面的研究较多^[17-19],根系修剪的研究也较深入^[20-23],更新修剪对苹果树的树体营养、光合作用和腐烂病防治的影响也有报道^[3-4,7,14],但更新修剪对衰老树枝条生长、比例及树冠结构变化影响的报道则较少^[4,24-25]。本研究通过开展更新修剪对枝条生长及树冠结构方面的研究,旨在为延长盛果年限,提高果实产量及品质提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验地的自然条件

试验地位于陕西省长武县王东村,地处渭北高原,海拔1 200 m,土壤为黑垆土。无霜期171 d,年降雨量584 mm,年均气温9.1℃,≥10℃积温3 029℃,年日照时数2 226.5 h,日照百分率51%。果园耕层土壤有机质的质量分数为12.58 g/kg,全氮0.86 g/kg,全磷1.01 g/kg,速效氮55.36 mg/kg,有效磷54.45 mg/kg,有效钾371.86 mg/kg。该地无灌溉条件,为雨养农业区。

1.2 试验材料 with 处理

试验材料为1986年定植的富士苹果,小冠疏层形,株行距3.0 m×4.0 m,砧木为新疆野生苹果[*Malus sieversii* (Ldb.) Roem],面积为15 hm²,东西行向。试验树高3.4~3.6 m,冠径3.6~3.8 m,干径13.0~15.0 cm。外围延长枝仅为15.0~20.0 cm,直径0.38~0.42 cm,而内膛易滋生徒长枝,单株1年生枝量为2 400枝左右,树势较弱。试验前该园一直采用长放修剪。

长放修剪:冬剪疏除内膛的徒长枝、重叠枝和极度衰弱的下垂枝(1年生枝长度<3.0 cm)。外围枝条采用轻剪长放,培养珠帘式结果枝组或单轴延伸结果枝组,留枝量为1 800枝/株左右,其中中枝、短枝和叶丛枝占85%以上,不预留花量。冬剪剪除枝量占树体枝量的20%~25%,树冠大小和树高与修剪前基本相同。春季人工疏花、疏果时根据树干粗度,确定单株留果量为0.20 c²(c为以cm取值的树干周长数值)^[3-4,7,14]。修剪中长放、回缩、短截和疏除的枝条比例基本为70:15:5:10。

更新修剪:冬剪时1年生长度>30 cm的枝长放(多为内膛萌生的长枝和徒长枝);长度为20~30 cm的斜生枝回缩到2年生枝处,直立枝长放或轻短截;长度为10~20 cm的斜生枝回缩到3年生枝处;长度<10 cm的斜生枝回缩到4~5年生枝处。剪除串花枝65%以上的花芽,短截腋花芽枝70%以上的花芽。剪除下垂枝,抬高枝条角度,培养斜上的结果枝组。冬剪剪除枝量占树体枝量的40%~45%,留枝量为1 400枝/株左右,其中中枝、短枝和叶丛枝占50%~60%;冬季修剪留花量为0.22 c²,疏花和疏果后留果量为0.20 c²。修剪后树高2.8~3.1 m,冠径3.1~3.2 m。修剪中长放、回缩、短截和疏除的枝条比例基本为10:65:15:10。

2007—2009年的11月下旬在从未进行过更新修剪的地块选树势相对一致的树6行,每行选地径、树高、冠幅和枝条长势等基本一致的树30株,以行为单位,分别采用长放和更新修剪,其他管理措施相同,重复3次。每年在2个处理中各选择树体大小基本一致的12株树,测定各项修剪指标。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 新梢生长动态

2008—2010年的初花期(4月中旬)在树冠外围固定20个发育枝和20个果台副梢,每7 d测定一次枝条长度及粗度(第1片完全叶处测定),直至新梢停止加长生长。

1.3.2 枝条比例及树冠体积

2008—2010年的落叶后至冬剪前在树冠上部、中部和下部中外围的东、西、南和北部各选1.0 m³树冠,调查徒长枝(长度≥3.0 cm)、长枝(15.0 cm≤长度<30 cm)、中枝(5.0 cm≤长度<15 cm)、短枝(1.0 cm≤长度<5.0 cm)和叶丛枝(长度<1.0 cm)及营养枝与结果枝的数量及比例,并测算树冠

体积^[26]。树冠体积由以下公式计算

$$V_{\text{树冠}} = 1/6 d_{\text{冠径}}^2 h \pi$$

式中: V 为树冠体积, m^3 ; d 为平均冠径, m ; h 为冠层高度, m ; π 为圆周率。根据树冠体积计算单株枝条数。

1.3.3 树冠结构

2008—2010 年的 7 月上旬阴天时在树冠下距主干 0、0.50、1.00、1.50、2.00 和 2.50 m 处的东、西、南和北 4 个方位, 距地面 0.30 m 处, 用 LAI-2000 冠层分析仪(美国 LI-COR 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)和平均叶倾角(MTA), 并计算消光系数($K = -\ln(\text{DIFN})/\text{LAI}$)^[27-30]。整个树冠的叶面积指数、冠层开度、平均叶倾角和消光系数, 根据相邻 2 个测定点位置的平均值和树冠投影所占面积进行加权平均。

1.3.4 果实品质

2008—2010 年的果实采收期在树冠上部、中部和下部中外围各随机采 10 个果实, 以常规方法测定果实品质^[3]。采收期以株为单位, 测定单株产量(包

含采样果实)。

1.4 数据处理

试验数据为 3 年数据的平均值, 采用 2 个样本平均数测验其差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同修剪方式对枝条生长的影响

2.1.1 发育枝

发育枝是扩大树冠和营养树体的主要枝类, 发育枝的长度和粗度是树势强弱的形态标志之一。不同修剪的发育枝均从开花期快速生长, 约 15 d 左右到达高峰, 30 d 后缓慢生长, 60 d 左右基本停止生长, 整个生长期只有一个生长高峰(图 1(a))。更新修剪的发育枝长度平均为 31.80 cm, 而长放修剪的为 19.40 cm, 较长放修剪增长了 63.92%, 差异达极显著($P < 0.01$)。开花期发育枝开始缓慢增粗生长, 约 35 d 到达高峰, 较增长生晚 20 d 左右(图 1(b))。更新修剪发育枝平均直径为 0.52 cm, 长放修剪为 0.43 cm, 较长放修剪增粗了 20.93%, 差异达极显著。

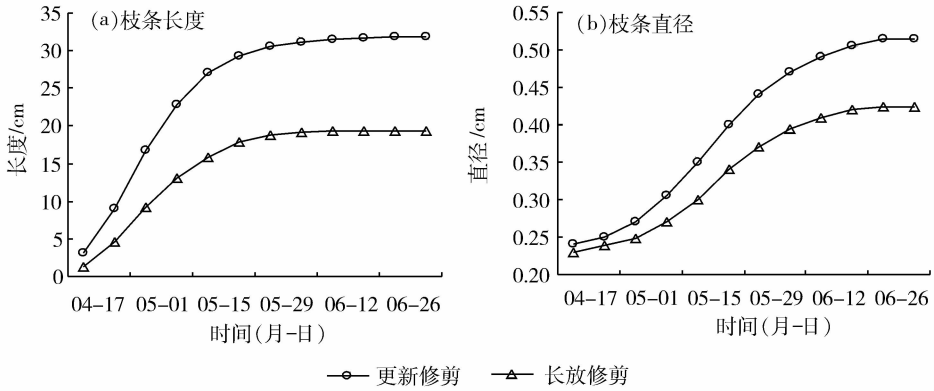


图 1 不同修剪对发育枝生长的影响

Fig. 1 Effects of different pruning on the growth of development shoots

2.1.2 果台副梢

果台副梢的着生位置与其他枝类不同, 其抽生数量、发育程度与树体的发育状况、产量形成和连年结果密切相关, 是判断树势强弱的一个重要指标。果台副梢与发育枝相比长度较短, 粗度较小, 但生长动态与发育枝相同(图 2)。更新修剪果台副梢长度平均为 26.60 cm, 长放修剪为 17.60 cm, 较长放修剪增长了 51.14%, 极显著长于长放修剪; 更新修剪

果台副梢直径平均为 0.45 cm, 长放修剪为 0.41 cm, 较长放修剪增粗了 9.76%, 差异为显著($P < 0.05$)。

2.2 枝条种类

无论在树冠上部、中部和下部, 相同树冠体积内更新修剪的徒长枝, 长、中枝和营养枝的数量均极显著高于长放修剪(表 1), 不同部位的平均值分别提高了 132.93%、82.59%、54.47% 和 76.84%。更新

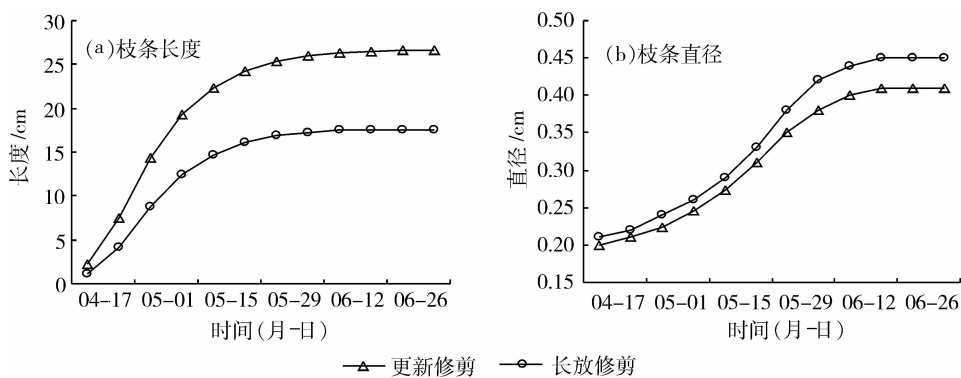


图 2 不同修剪对果台副梢生长的影响

Fig. 2 Effects of different pruning on the growth of lateral shoots of bearing part

表 1 不同修剪方式对枝条种类的影响

Table 1 Effects of different pruning on branch growth

树冠部位	修剪方式	不同长度枝条量					营养枝、结果枝条量		枝条总量
		徒长枝	长枝	中枝	短枝	叶丛枝	营养枝	结果枝	
上部	长放修剪	0.58 (0.38)	6.25 (4.15)	11.87 (7.88)	41.23** (27.37**)	90.72** (60.22*)	10.76 (7.14)	139.89** (92.86*)	150.65** (100)
	更新修剪	1.24** (0.99**)	10.16** (8.15**)	18.12** (14.54**)	26.15 (20.98)	68.96 (55.33)	18.67** (14.98**)	105.96 (85.02)	124.63 (100)
中部	长放修剪	0.84 (0.50)	8.43 (4.98)	17.89 (10.57)	48.43** (28.62*)	93.65** (55.33**)	11.27 (6.66)	157.97** (93.34*)	169.24** (100)
	更新修剪	1.98** (1.35**)	13.86** (9.44**)	27.69** (18.86**)	38.59 (26.28)	64.71 (44.07)	20.12** (13.70**)	126.71 (86.30)	146.83 (100)
下部	长放修剪	1.04 (0.62)	10.31 (6.19)	18.60 (11.16)	46.93** (28.16**)	89.76** (53.87**)	12.68 (7.61)	153.96** (92.39*)	166.64** (100)
	更新修剪	2.51** (1.80**)	21.60** (15.49**)	28.89** (20.73**)	32.46 (23.29)	53.93 (38.69)	22.59** (16.21**)	116.80 (83.79)	139.39 (100)
平均	长放修剪	0.82 (0.50)	8.33 (5.11)	16.12 (9.87)	45.53** (28.05**)	91.38** (56.47**)	11.57 (7.13)	150.61** (92.87*)	162.18** (100)
	更新修剪	1.91** (1.39**)	15.21** (11.11**)	24.90** (18.18**)	32.40 (23.66)	62.53 (45.66)	20.46** (14.94**)	116.49 (85.06)	136.95 (100)

注：* 为同一列数据达到显著差异水平 ($P<0.05$)；** 为达到极显著差异水平 ($P<0.01$)，括弧内数据为占枝条总量的百分比。下表同。

修剪的短枝、叶丛枝和结果枝的数量显著低于长放修剪，平均值分别降低了 28.84%、31.57% 和 22.64%，且相同树冠体积内更新修剪的枝量平均值降低了 15.56%。长放修剪的徒长枝，长、中、短枝，叶丛枝的比例平均值为 0.50 : 5.11 : 9.87 : 28.05 : 56.47，更新修剪为 1.39 : 11.11 : 18.18 : 23.66 : 45.66，更新修剪的徒长枝，长、中枝所占比例较大，长放修剪的短枝和叶丛枝所占比例较大。长放修剪营养枝与结果枝的比例平均值为 7.13 : 92.87，更新修剪为 14.94 : 85.06，更新修剪的营养枝所占比

例较大。更新修剪留枝量小，回缩和短截对剪口芽有一定的刺激作用，减小了萌芽力，提高了成枝力，而长放修剪的萌芽力较强而成枝力较弱，造成枝条总数增加而徒长枝，长、中枝及营养枝的数量及比例减少。

2.3 不同修剪方式对树冠结构的影响

2.3.1 叶面积指数

冬剪时更新修剪对内膛生长细弱的枝条进行了短截和回缩，新梢生长旺盛，中、长枝较多，单枝着生叶片较多。更新修剪距树干 0.5 m 范围内叶面积

指数极显著大于长放修剪,距树干 0.5~2.0 m 范围内显著高于长放修剪。更新修剪后树冠缩小,行与行之间、株与株之间树冠交叉较少,因而距树干 2.5 m 处叶面积指数极显著低于长放修剪。更新修剪的叶面积指数加权平均为 1.82,长放修剪为 1.66,较长放修剪提高了 9.64%,差异为显著(表 2)。

表 2 不同修剪方式对树冠结构的影响
Table 2 Effect of different pruning type on crown structure

指 标	处 理	距树干距离/m						加权平均数
		0.0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	
叶面积指数	长放修剪	2.21	1.98	1.83	1.61	1.58	1.51**	1.66
	更新修剪	3.05**	2.45**	2.09*	1.88*	1.78*	1.21	1.82*
冠层开度	长放修剪	0.141**	0.209**	0.230**	0.247**	0.246**	0.311	0.251**
	更新修剪	0.072	0.129	0.169	0.197	0.210	0.348*	0.218
平均叶倾角/°	长放修剪	4	5	5	6	8	10	7.14
	更新修剪	12**	13**	16**	18**	19**	21**	18.08**
消光系数	长放修剪	0.886	0.791	0.803	0.869	0.888	0.773	0.841
	更新修剪	0.863	0.836*	0.851*	0.864	0.877	0.872**	0.866
所占面积/m ²		0.00	0.79	2.36	3.93	5.50	7.70	

2.3.2 冠层开度

冠层开度与叶片生长密切相关。长放修剪清除了内膛的徒长枝,留枝量大,萌生的枝条数量多,但生长势弱,以短枝和叶丛枝为主,单枝着生叶片量少,故距树干 2.0 m 范围内,其冠层开度极显著高于更新修剪。更新修剪的树冠较小,距树干 2.5 m 处枝叶较少,故其冠层开度显著高于长放修剪。更新修剪冠层开度加权平均为 0.218,长放修剪为 0.251,较长放修剪降低了 13.15%,极显著小于长放修剪(表 2)。更新修剪的冠层开度小,表明更新修剪的树冠吸收的太阳辐射高。

2.3.3 平均叶倾角

正常情况下衰弱苹果树内膛易生徒长枝,平均叶倾角应较高,外围应较低。受修剪的影响,不同修剪的平均叶倾角从树干向外围均逐渐增加。更新修剪的枝条生长茂盛,叶片上倾,故在距树干不同位置,其平均叶倾角均极显著大于长放修剪(表 2)。更新修剪的平均叶倾角加权平均为 18.08°,长放修剪为 7.14°,较长放修剪提高了 153.22%。长放修剪的平均叶倾角小,表明叶片平展,对太阳辐射的截

获能力较强,但树冠透光性较差。

2.3.4 消光系数

消光系数与冠层开度和叶面积指数密切相关。不同修剪影响了树冠的冠层开度和叶面积指数,对树冠的消光系数产生一定的影响。更新修剪树干附近的消光系数略低于长放修剪,距树干 0.5~1.0 m 范围内其消光系数提高了 5.84%,显著高于长放修剪;距树干 1.5~2.0 m 范围内更新修剪的消光系数略低于长放修剪略。更新修剪外围树冠的消光系数高出长放修剪 12.81%,达到极显著差异水平(表 2)。更新修剪消光系数加权平均为 0.866,长放修剪为 0.841,提高了 2.97%,但二者之间无显著差异。更新修剪的消光系数略高,说明其树冠对光吸收和散射较高。长放修剪距树干 0.5~1.0 m 范围内消光系数低,说明其内膛空虚,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。

2.3.5 树冠大小

更新修剪略微降低了树高及树冠高度,显著降低了冠径。更新修剪树冠体积降低了 14.53%,枝条数量降低 27.82%(表 3)。

表 3 不同修剪方式对树冠大小的影响
Table 3 Effect of different pruning on crown growth

处 理	树高/m	冠径/(m·m)	树冠高度/m	树冠体积/m ³	枝条量/(枝/株)
长放修剪	3.38	3.86×3.71*	2.46	18.45**	2 992.22**
更新修剪	3.25	3.64×3.52	2.35	15.77	2 159.74

2.4 不同修剪方式对果实品质与产量的影响

更新修剪树冠上、中和下各部位的单果质量均极显著大于长放修剪,平均提高了 23.61%,且树冠上、中和下各部位的果形指数也显著高于长放修剪。更新与长放修剪的叶面积指数均比较低,叶片遮阴对果实着色影响较小,二者的果实着色面积无显著

差异。2 种修剪的立地环境及土壤养分、病虫害防治等管理措施相同,果园通风透光状况良好,果实可溶性固形物、维生素 C 含量、可溶性糖、果实硬度和有机酸含量等无显著差异。2 种修剪单株留果量基本相同,但更新修剪的单果质量极显著高于长放修剪,故其产量也极显著提高,增产 30.02%(表 4)。

表 4 不同修剪方式对果实品质及产量的影响
Table 4 Effect of different pruning type on apple fruit quality,yields and output value

树冠部位	处 理	单果质量/ (g/果)	着色 面积/%	果形 指数	可溶性固形 物/(g/kg)	可溶性糖/ (g/kg)	有机酸/ (g/kg)	硬度/ (kg/cm)	维生素 C 质量分数 (Fw)/(ug/kg)	产量/ (kg/株)
上部	长放修剪	168.3	98.6	0.85	133	112.1	3.3	9.6	0.65	
	更新修剪	224.4**	98.3	0.91*	133	111.9	3.4	9.5	0.65	
中部	长放修剪	184.3	97.2	0.83	137	111.6	3.4	9.5	0.66	
	更新修剪	228.6**	96.9	0.89*	136	111.6	3.5	9.4	0.67	
下部	长放修剪	202.2	96.4	0.82	135	111.3	3.5	9.3	0.64	
	更新修剪	232.8**	96.8	0.87*	134	111.4	3.6	9.2	0.63	
平均	长放修剪	184.93	97.4	0.83	136	111.7	3.4	9.47	0.65	45.24
	更新修剪	228.60**	97.33	0.89*	135	111.6	3.5	9.37	0.65	58.82**

3 讨 论

苹果树开花结果与生长应维持一个理想的长、中、短枝条比例及营养枝与结果枝的比例^[24]。衰老果树短枝和叶丛枝比例过高,易导致大量花芽形成及大小年发生。衰老树采用回缩和短截等更新修剪方法,缩小了树冠,去除了衰弱枝,减少了留枝量及留花量,降低了地上部与地下部的比率^[25],根系吸收的水分和养分对地上部的供应量相对增加,调节了树体营养与水分的分配运转,改善了树体营养状况,提高了叶片的光合速率^[3-4,14],促进养分集中供应到剪口芽^[3,25],促进枝条生长,而长放修剪培养单轴延伸结果枝组或珠帘式结果枝组,造成大量枝芽萌发及开花坐果,消耗大量的树体营养,削弱了枝条生长。更新修剪后新梢生长强旺,短枝和叶丛枝减少,结果枝比例由 92.87%降低到 85.06%,长、中和短枝(含叶丛枝)比例接近于优质高产苹果的比例 1.0:2.0:7.0^[24],而长放修剪的长、中和短枝(含叶丛枝)比例为 0.5:1.0:8.5,不利于树体复壮。虽然更新修剪萌生的枝条总量少,但徒长枝、长枝和中枝数量多,徒长枝、长枝和中枝的叶片数多于短枝

和叶丛枝,因而其叶面积指数高于长放修剪。更新修剪的枝条生长旺盛,叶片上倾,因而其平均叶倾角较大。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。长放修剪的冠层开度大,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。更新修剪的树冠较小,叶面积指数较高,冠层开度较小,平均叶倾角较高,消光系数较高,利于树冠接受更多的太阳辐射,合成较多的光合物质。

更新修剪的枝条总量少,叶面积指数大,叶片的光合产物较多,腐烂病发病率低^[7,14],为果实生长提供较多的营养;更新修剪与长放修剪单株留果量相同,但长放修剪结果部位多分布在树冠外围,水分和养分运输途径较长,不利于果实生长,而更新修剪的结果部位靠近主干和主枝,水分和养分运输符合“就近运输”,因而单果质量及产量极显著高于长放修剪。供试树处于衰老期,采用更新修剪后叶面积指数由 1.66 提高到 1.82,但仍低于优质丰产园的叶面积指数^[19,27,31],果园通风透光良好,因而对果实着色无显著影响。同一气候条件下果实品质主要与土壤矿质营养、土壤有机质等密切相关^[14],不同修剪的果实品质基本相同。

4 结 论

1)更新修剪显著促进了衰老期‘富士’苹果树发育枝和果台副梢的生长发育,显著降低了1年生枝条总数,显著降低了短枝和叶丛枝的数量及比例,显著提高了徒长枝、长枝和中枝的量及比例。

2)更新修剪显著提高了衰老期‘富士’苹果树的叶面积指数,极显著降低冠层开度,极显著提高了平均叶倾角,显著提高距树干0.5~1.0 m范围内消光系数,极显著提高树冠外围消光系数,显著降低了树冠体积。

3)更新修剪极显著提高了衰老期‘富士’苹果的单果质量及产量,对果实着色面积、可溶性固形物、可溶性糖、有机酸量、硬度和维生素等无显著影响。

参 考 文 献

- [1] 中国农业百科全书总编辑委员会果树卷编辑委员会. 中国农业百科全书-果树卷[M]. 北京:中国农业出版社,1993:365-368, 420-422
- [2] 杨文衡,陈景新. 果树生长与结实[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986:29-44
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 赵艳华. 龙冠苹果一年生枝修剪反应规律[J]. 北方园艺,1996(2):加1-2
- [7] 杜社妮,白岗栓,史吉刚,等. 修剪方法对盛果末期苹果树腐烂病发生的影响[J]. 北方园艺,2012(3):24-28
- [8] 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(2):283-296
- [9] 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(2):169-174
- [10] 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
- [11] Palmer J W, Avery D J, Wertheim S J. Effect of apple tree spacing and summer pruning on leaf area distribution and light interception[J]. Scientia Horticulturae, 1992, 52(4):303-312
- [12] Saure M C. Summer pruning effects in apple: A review [J]. Scientia Horticulturae, 1987, 30(4):253-282
- [13] Jonkers H. Testing koopmann's rules of apple tree pruning[J]. Scientia Horticulturae, 1982, 16(3):209-215
- [14] 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
- [15] 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
- [16] 周然. 更新修剪对衰老柑桔树势及产量的影响[J]. 云南农业科技,2008(6):14-15,19
- [17] 宋凯,魏钦平,岳玉苓,等. 不同修剪方式对“红富士”苹果密植园树冠光分布特征与产量品质的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(5):1224-1230
- [18] 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
- [19] 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
- [20] 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
- [21] 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
- [22] Khan Z U, McNeil D L, Samad A. Root pruning reduces the vegetative and reproductive growth of apple trees growing under an ultra high density planting system [J]. Scientia Horticulturae, 1998, 77(3-4):165-176
- [23] Schupp J R, Ferree D C. Influence of time of root pruning on growth, mineral nutrition, net photosynthesis and transpiration of young apple trees[J]. Scientia Horticulturae, 1990, 42(4):299-306
- [24] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京:中国农业出版社,1999,133:446-447
- [25] 青木二郎. 苹果的研究[M]. 曲泽洲,刘汝诚,译. 北京:中国农业出版社,1984:245-261
- [26] 陕西省果树研究所,中国粮油食品进出口公司陕西省分公司. 苹果基地技术手册[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1983:488-492
- [27] 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
- [28] 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
- [29] 程武学,潘开志,杨存建. 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
- [30] 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
- [31] 张庆山. 苹果优质丰产关键技术[M]. 北京:中国农业出版社,1997:11-12