

## 渭北旱塬苹果量化更新修剪技术及其研究进展

白杜娟<sup>1</sup>, 刘艳玲<sup>2</sup>, 白岗栓<sup>3\*</sup> (1. 杨凌农业高科技发展股份有限公司, 陕西杨凌 712100; 2. 陕西省渭南市华州区农业技术推广中心, 陕西渭南 714100; 3. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 量化更新修剪技术是根据盛果期及盛果末期苹果树的生长特性及树体生长状况, 在保证目标产量的前提下, 在量化修剪指标的指导下进行的更新复壮修剪。通常情况下渭北旱塬盛果期乔化红富士的目标产量为 37 500~45 000 kg/hm<sup>2</sup>, 冬季修剪后的留枝量为 1 050 000~1 350 000 枝/hm<sup>2</sup>, 生长期修剪后的新梢量为 1 350 000~1 650 000 枝/hm<sup>2</sup>。盛果末期的目标产量为 22 500~30 000 kg/hm<sup>2</sup>, 冬季修剪后的留枝量为 900 000~1 050 000 枝/hm<sup>2</sup>, 生长期修剪后的新梢量为 1 050 000~1 350 000 枝/hm<sup>2</sup>。冬季修剪后的结果枝与营养枝的比例为 1:4, 长枝、中枝和短枝的比例为 1:2:7 左右。量化更新修剪有效减少了果树对土壤水分的消耗, 减少了叶丛枝比例及隔年结果发生的几率, 减少了苹果树腐烂病发生率及疏花疏果劳动量, 提高了树体营养、果园透光率、叶片光合速率和果实产量及果实品质等, 延长了盛果年限, 提升了果园经济效益。

**关键词** 苹果; 量化更新修剪技术; 冬季修剪留枝量; 研究进展

**中图分类号** S 605<sup>+</sup>.1 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2022)08-0001-06

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Technology of Apple Quantitative Renewal Pruning and Its Research Progress on Weibei Dry Plateau

BAI Du-juan<sup>1</sup>, LIU Yan-ling<sup>2</sup>, BAI Gang-shuan<sup>3</sup> (1. Yangling Agricultural High-Tech Development Co., Ltd., Yangling, Shaanxi 712100; 2. Agricultural Technology Popularization Center of Huazhou District, Weinan, Shaanxi 714100; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** Quantitative renewal pruning technology was based on the growth characteristics and tree growth conditions of apple trees in the full bearing period and the end of the full bearing period, and under the premise of guaranteeing the target yields and the guidance of quantitative renewal pruning indexes. Under normal conditions, the target yields of vigorous red 'Fuji' in the full bearing period on the Weibei dry plateau was 37 500-45 000 kg/hm<sup>2</sup>, the number of branches retained after winter pruning ranged from 1 050 000 to 1 350 000 branches/hm<sup>2</sup>, the number of shoots after pruning in the growing period was 1 350 000-1 650 000 shoots/hm<sup>2</sup>. The target yields in the end of the full bearing period was 22 500-30 000 kg/hm<sup>2</sup>, the number of branches retained after winter pruning ranged from 900 000 to 1 050 000 branches/hm<sup>2</sup>, the number of shoots after pruning in the growing period was 1 050 000-1 350 000 shoots/hm<sup>2</sup>. After winter pruning, the ratio of bearing branches to vegetative branches was 1:4, and the ratio of long branches, middle branches and short branches was about 1:2:7. Quantitative renewal pruning effectively reduced the consumption of soil moisture by fruit trees, reduced the ratio of foliage branch and the probability of alternate bearing, reduced the incidence of valsa canker (*Valsa mali* Miyabe et Yanada) and the amount of labor of thinning flowers and thinning fruits. Quantitative renewal pruning effectively improved tree nutrition, orchard light transmittance, leaf photosynthetic rate, fruit yields and quality, prolonged the full bearing year, and improved the economic benefits of the orchard.

**Key words** Apple; Quantitative renewal pruning technology; Number of branches retained after winter pruning; Research progress

中国是世界第一大苹果(*Malus domestica*)生产国, 陕西省的苹果产量占我国苹果产量的 1/4, 占世界苹果产量的 1/7<sup>[1]</sup>。2020 年陕西省的苹果栽培面积为 62.0×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 产量为 1 185.21 万 t, 产业链产值为 1 000 亿元人民币<sup>[1]</sup>。陕西省苹果快速发展主要集中于 20 世纪 80 年代末至 90 年代初和 21 世纪初, 以乔化密植栽培为主, 集中分布于渭北旱塬和陕北黄土丘陵沟壑区, 目前多处于盛果期或盛果末期和衰老期。盛果期和盛果末期的乔化密植园树冠郁闭, 树势衰弱, 产量低, 品质差<sup>[2]</sup>。如何增强树势, 延长盛果年限, 促进果树高产、稳产和生产优质果品, 成为渭北旱塬苹果生产中急需解决的问题。近年来, 针对乔化密植园的树形改造和间伐<sup>[3-14]</sup>及修剪方面的研究报道均较多<sup>[15-20]</sup>, 但如何维持树体健壮生长的报道则较少。为了避免树形改造过程中大量的伤疤引起苹果腐烂病(*Valsa mali* Migable et Yamada)的发生, 同时解决果园通风透光的问题, 达到增强树势和提高果园产

值等目的, 2006—2020 年果树冬季修剪时在确定目标产量和修剪指标的前提下, 对结果枝组进行更新修剪并缩小树冠体积和减少留枝量等, 有效恢复了树势, 延长了盛果年限, 维持了盛果期和盛果末期苹果树的高产、稳产和生产优质果品, 提高了果园经济产值。该研究综述量化更新修剪技术及其研究进展, 旨在为量化更新修剪技术的推广应用研究提供借鉴。

### 1 量化更新修剪技术

**1.1 量化更新修剪技术产生的基础** 量化更新修剪技术是基于果园的生态环境与树体生长状况, 在“因树修剪”的基础上开展的更新修剪。渭北旱塬为雨养农业区, 土壤有机质含量低, 年降水量偏少且分布不均<sup>[21-23]</sup>, 盛果期、盛果末期及衰弱苹果树的生殖生长强于营养生长, 向心生长强于离心生长, 但渭北旱塬盛果期、盛果末期和衰弱苹果树仍采用轻剪长放的修剪方法, 刻意培养珠帘式和下垂式等结果枝组, 造成树体枝条多为 1.0~5.0 cm 的叶丛枝和短枝, 有的树体叶丛枝比例高达 45% 以上, 叶片制造的养分大多就近运输及贮藏, 不利于根系获取叶片光合作用合成的有机营养, 限制了根系的生长发育<sup>[24]</sup>, 且珠帘式与下垂式结果枝组易在同一年份形成大量的花芽或不形成花芽, 形成“大小年”, 即隔年

**基金项目** 国家重点研发计划(2016YFC0501602); 延安山仓院士工作站科研项目(20181201)。

**作者简介** 白杜娟(1991—), 女, 陕西杨凌人, 经济师, 从事作物育种与栽培研究。\*通信作者, 研究员, 硕士, 从事果树栽培研究。

**收稿日期** 2021-07-16

结果,进一步削弱树势,缩短盛果年限<sup>[1,25]</sup>;开张角度、轻剪长放及环割环切可缓和幼树和旺树的生长势,提高幼树和旺树的萌芽率,对促进开花结果和快速扩大树冠有积极的意义<sup>[26-28]</sup>,但轻剪长放等易削弱树势,造成结果部位外移,且连续多年的轻剪长放易形成大量的单轴结果枝组和“鸡爪”枝,易形成隔年结果,导致腐烂病暴发,缩短盛果年限,促进果树衰亡,降低果实产量及品质<sup>[1,25]</sup>。为了促进果园通风透光,渭北旱塬对于树冠郁闭的果园进行大改形,大砍大锯,不但对树体造成大量的伤疤,而且造成树冠生长与根系生长不平衡,引起主枝或整株死亡。渭北旱塬乔化密植苹果整形修剪与树形改造中存在的问题,急需合理的技术措施来解决。

**1.2 量化修剪技术** 修剪的任务是维持树冠结构完整,调节果树与其生长环境及营养生长与生殖生长之间的矛盾,达到连年优质丰产,是果树栽培管理的一个重要环节<sup>[18]</sup>。为了达到高产稳产,同时便于修剪管理,白岗栓等<sup>[29]</sup>在以高产为目标的前提下,提出盛果期密植园(主栽品种为“秦冠”)的目标产量为 52 500~67 500 kg/hm<sup>2</sup>,冬季修剪后树冠体积为 21 000~24 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,留枝量为 1 500 000~1 875 000 枝/hm<sup>2</sup>,大型果预留花芽量 195 000~300 000 个/hm<sup>2</sup>,小型果留花芽量 270 000~450 000 个/hm<sup>2</sup>,树冠体积内的有顶芽的枝数为 75~90 枝/m<sup>3</sup>,有效花芽为 20~25 个/m<sup>3</sup>,串花枝每隔 20 cm 留 1 背上花芽,中短枝占总枝量的 40%;结果枝组的培养以长放修剪和“带帽”修剪为主,修剪的主要方法是轻剪长放与回缩;乔化树留果量为(0.20~0.25)×树干周长(cm)×树干周长(cm),矮化树为(0.25~0.30)×树干周长(cm)×树干周长(cm);疏花疏果时稳产树为 1 副梢留 1 果,2 副梢留 2 果,无副梢的不留果;超产树为弱副梢不留果;减产树有副梢的留双果,无副梢的留单果;生长期间株间枝梢交接率 30%,行间交接率 10%,树冠投影中的光斑面积 10%~20%;并对不同长度的枝条及新梢提出不同的冬季及生长季的修剪方法。

衰老树的新梢生长量小,结果枝组开花多,结果少,内膛小枝易干枯死亡,结果部位外移且内膛易生徒长枝。衰老树修剪的任务是更新复壮,延长结果年限,修剪方法主要是回缩及利用徒长枝培育新的结果枝组。衰老树更新复壮的目标产量为 22 500~30 000 kg/hm<sup>2</sup>,冬季修剪后树冠总体积 15 000~18 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,留枝量为 1 200 000~1 500 000 枝/hm<sup>2</sup>,顶花芽枝减少到总枝量的 20%,5~10 cm 的中枝占总枝量的 30%,株间枝条交接率 5.0%~10.0%,冬季回缩后行间有 80~100 cm 的空带,有顶芽的枝数为 70 枝/m<sup>3</sup>,有效花芽为 20 个/m<sup>3</sup>;大型果预留花芽量为 150 000 个/hm<sup>2</sup> 左右,小型果留花芽量 210 000 个/hm<sup>2</sup>;衰老树夏季修剪后树冠投影中的光斑面积为 25%左右,行间有 30~40 cm 的空带。

**1.3 更新修剪技术** 随着果树的持续生长、树龄增加和树冠的不断扩展,苹果树体的枝叶量也逐渐增多,根梢之间的距离逐渐增加,树体营养分散,树体地上部与地下部营养物质交换的难度越来越大;或因病虫害、结果过量或隔年结果、冰雹和霜冻等自然灾害等的影响,导致树势衰弱,产量及品质降低。更新修剪是恢复弱树与弱枝生长势的修剪技

术<sup>[30]</sup>。通过更新修剪,剪去衰老、细弱的枝条,减少留枝量,促使根系吸收的水分、养分集中供应,增强全树或局部的生长势,提高树体的结实能力并形成新的树冠,提高弱树或弱枝的生产能力,延长盛果期年限。更新修剪除进行树冠更新外,还应进行根系更新修剪,并施足肥水,促其生长。

更新修剪的方法主要有短截和回缩,修剪时小枝全更新,大枝轻回缩;树势越弱,短截和回缩越多且越重。更新修剪后翌年树体短、中、长枝的比例维持在 8:1:1 或 7:2:1。修剪后翌年树体若短枝过多,说明更新修剪的强度偏低;若长枝过多,说明更新修剪的强度偏高。对于弱树萌发的徒长枝,更新修剪时应轻剪缓放,促其形成结果枝组并增强树势,以防树冠残缺不全。对于树冠不完整的衰老树,应根据树冠空间状况,将徒长枝培养成新的树冠。对于衰老树,更新修剪时首先回缩衰弱的大枝和结果枝组,然后对小枝、小枝组和弱枝逐一短截或回缩,绝不能指望疏除、回缩几个大枝就可恢复树势和完成更新修剪。更新修剪时回缩必须回缩到壮枝和壮芽处,长果枝和腋花芽结果枝必须进行短截,串花枝必须进行回缩,下垂枝和斜下弱枝应及时疏除<sup>[1,25,28-29]</sup>。

更新修剪可分为整株更新或局部更新。整株更新是对全树骨干枝及大型结果枝组进行的更新修剪,回缩、短截较重,易快速恢复树势,促使新梢旺盛生长,提高单果质量和果实品质,持效期较长,但树冠缩小,产量降低或维持平衡。局部更新一般只剪除枝组先端或部分骨干枝,对树势、树冠、产量和果实品质等影响较小,且持效期短。生产中通常根据树体长势确定更新强度。

结果枝组更新一般始于盛果期,对树冠中、下部生长较弱,或延伸过长、分枝过多的结果枝组,可抬高分枝角度,留壮枝回缩,或选在饱满芽处短截,并疏除其中细弱小枝和弱芽,减少部分花芽数量等,以恢复结果枝组的长势。当结果枝组过密时,也可直接疏除部分细弱的结果枝组,集中营养,促使留下来的结果枝组长势复壮。或对不同结果枝组采用不同的修剪方法来恢复衰弱枝组的长势,如疏除强结果枝组上的旺枝,或骨干枝背上的强旺结果枝组,抑强扶弱,促使侧生的弱结果枝组得以恢复;如控制外围结果枝组的数量和长势,促使内膛结果枝组的长势得以恢复。结果枝组更新应着重于中小结果枝组,以延缓大型结果枝组的衰老,避免大枝更新<sup>[30]</sup>。

当主枝或侧枝前部开始衰弱,而树冠尚完整时便可开展骨干枝的更新修剪。骨干枝更新修剪首先剪除下垂枝,然后在主枝或侧枝中部或下部选择自然萌生的徒长枝或生长较旺的枝条,通过缓放或短截,培养成新的主枝或侧枝;也可对主枝或侧枝先回缩,利用剪口以下的营养枝或小枝壮芽,促发新枝,再培养成骨干枝或延长枝。骨干枝更新修剪多用于盛果后期或管理不善的弱树。同一棵树的不同骨干枝可轮换更新修剪,也可同时对部分结果枝组进行更新,以减少对单株产量的影响。衰老期大树,需对全树主枝和侧枝的中部与下部进行回缩或重短截,促发徒长枝或迫使潜伏芽萌生,培养成新的树冠。

更新修剪主要在冬季果树休眠期进行,生长季节主要对萌发的徒长新梢和长梢进行拉平或摘心等,促其快速形成树冠或结果枝组。在对树冠进行更新修剪的同时,秋季采果后应及时在树冠外围挖宽 60 cm、深 60 cm 的施肥沟,把腐烂和衰退的根系铲除,暴晒 1~2 d 后,在断根处撒上草木灰,施上腐熟优质的堆肥或绿肥,相当于根系修剪,可促进萌发大量新根<sup>[30]</sup>。

**1.4 量化更新修剪技术** 量化更新修剪技术是针对盛果期、盛果末期和衰弱树的一项更新复壮修剪技术,是在传统的更新修剪技术的基础上、在量化修剪指标指导下进行的更新复壮修剪。

**1.4.1 量化指标。**根据渭北旱塬苹果生长的状况,在优质稳产高产的前提下,盛果期乔化富士苹果的目标产量为 37 500~45 000 kg/hm<sup>2</sup>,冬季修剪时大型结果枝组(具有 15 根以上枝条,枝轴长 50 cm 左右,生长势强)留 2 100~2 400 个/hm<sup>2</sup>,中型结果枝组(具有 5~15 根枝条,有长轴和短轴之分,短轴轴长 30.0 cm 左右,长轴轴长 50.0 cm 左右,生长势较强)留 4 200~4 800 个/hm<sup>2</sup>,小型结果枝组(有 3~5 根枝条,有长轴和短轴之分,短轴轴长 15.0 cm 左右,长轴轴长 30.0 cm 左右,生长势弱)留 21 000~24 000 个/hm<sup>2</sup>,冬季修剪后留枝量为 1 050 000~1 350 000 枝/hm<sup>2</sup> 左右,留花芽量 225 000~270 000 个/hm<sup>2</sup>,花芽量最多不超过 300 000 个/hm<sup>2</sup>。为了防御晚霜危害,花芽中腋花芽占预留花芽量的 15% 左右。结果枝与营养枝的数量比为 1:4 左右。冬季修剪后行间树冠之间有 80 cm 的空带。春季萌芽后及时去除剪口和锯口附近萌生的多余新梢,花芽分化期(多为 5 月 20 日至 6 月 20 日)对徒长枝和长枝进行摘心、拧梢、揉枝和拉枝等,培育新的结果枝组并维持树冠完整。对一些树冠较郁闭的可用绳子拉开,开张角度,促进树冠通风透光。秋梢生长期(8 月中下旬)及时对秋梢摘心或剪除,抑制秋梢生长,促进果实膨大、着色及花芽进一步分化。生长期修剪(秋季修剪)后的新梢量为 1 350 000~1 650 000 枝/hm<sup>2</sup>。

在优质稳产与延长盛果年限的前提下,盛果末期和衰老期乔化富士的目标产量为 22 500~30 000 kg/hm<sup>2</sup> 左右,冬季修剪时大型结果枝组留 1 800~2 100 个/hm<sup>2</sup>,中型结果枝组留 3 600~3 900 个/hm<sup>2</sup>,小型结果枝组留 18 000~21 000 个/hm<sup>2</sup>,冬季修剪后留枝量为 900 000~1 050 000 枝/hm<sup>2</sup> 左右,留花芽量 150 000~180 000 个/hm<sup>2</sup>,花芽量最多不超过 210 000 个/hm<sup>2</sup>。为了防御晚霜危害,花芽中腋花芽占预留花芽量的 20% 左右。结果枝与营养枝的数量比约为 1:4。冬季修剪后行间树冠之间有 100 cm 的空带。春季萌芽后及时去除剪口和锯口附近萌生的多余新梢,对徒长枝和长枝进行摘心、拧梢、揉枝和拉枝等,培育新的结果枝组。生长期修剪后的新梢量为 1 050 000~1 350 000 枝/hm<sup>2</sup>。

渭北旱塬苹果冬季修剪主要采用轻剪长放的修剪方法,花期与幼果期的疏花疏果量占全树花果量的 90.0%~95.0%,而量化更新修剪冬季修剪时剪除全树花量的 85.0%~90.0%,花期基本不疏花,仅疏果,疏花疏果量占全树

(未修剪时)花量的 10.0%~15.0%。

**1.4.2 量化更新修剪技术。**量化更新修剪是根据树体生长情况,在核定树体生产能力、树体各部分的着生位置及量化指标的前提下,提前选培候补更新枝条,始终用低龄枝条结果,从而使树体维持良好的个体与群体结构。量化更新修剪可分为徒长枝的培养与利用,结果枝组的更新复壮,骨干枝的更新修剪和全树更新修剪。

**1.4.2.1 徒长枝的培养与利用。**苹果进入盛果期以后,生殖生长强于营养生长,向心生长强于离心生长,树冠外围结果过多往往将枝条压弯下垂,削弱了顶端优势,往往使枝条形成拱背状,即枝条前端低后部高,易在枝条隆起处萌发徒长枝。徒长枝往往直立生长且非常旺盛,在初果期及盛果初期均应及时剪除,但在盛果期,特别是盛果后期,要注重对徒长枝的培养与利用。在空间较小的情况下,可通过先放后缩,即将徒长枝缓放 1~2 年,等徒长枝上形成花芽时,在花芽上部回缩或短截,培养成中型或小型结果枝组。若空间较大,树冠不完整,根据徒长枝的长势进行短截,强旺的徒长枝适当留长一些,较弱的留短一些,经过 2~4 年的培养,可形成大型结果枝组或主枝。

**1.4.2.2 结果枝组的更新复壮。**冬季修剪时根据结果枝组中的一年生枝生长状况,采用不同的修剪方法,培养健壮的结果枝组。对于长度大于 30 cm 的枝条,采用缓放修剪。对于长度 20~30 cm 的枝条,斜生枝回缩到两年生枝处,下垂枝回缩到三年生枝处,直立枝则长放或轻短截;对于长度 10~20 cm 的枝条,斜生枝回缩到三年生枝处,下垂枝全部疏除,直立枝长放或轻短截;对于长度小于 10 cm 的枝条,斜生枝回缩到四至五年生枝处,直立枝回缩到两至三年生枝处,下垂枝全部疏除。对于串花枝和腋花芽枝进行回缩或短截,剪除 65% 以上的花芽。结果枝组更新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,将松散结果枝组改为紧凑结果枝组,多轴结果枝组改为单轴延伸结果枝组,疏除背下及下垂的结果枝组,将背上直立结果枝组改为斜生结果枝组,保留斜生结果枝组,培育斜上生长的扁园型、细长型和长筒型结果枝组,恢复树势。培育结果枝组时尽量采用先长放后回缩的方法,尽量不采用先短截后长放的方法。小型结果枝组采用“三套枝”更新修剪,即重短截 1/3 的枝条以培育发育枝,轻短截 1/3 的枝条以培育结果枝,缓放 1/3 的枝条(3~7 cm 的中短结果枝)以便春季开花坐果。对中型和大型结果枝组进行回缩或疏除时,每年去掉总枝量的 20%~30%,且 3~4 年对结果枝组进行一次更新复壮,保持结果枝处于年轻健康状态,以维持稳定的结果能力并消灭隔年结果。

**1.4.2.3 骨干枝更新修剪。**当乔化苹果树外围延长枝年生长量在 15 cm 左右时表明骨干枝生长势已经减弱,需对骨干枝进行更新复壮。一是保留原有的骨干枝,对骨干枝上的结果枝组采用“三套枝”修剪,其中重短截的多为短枝及少量中枝,轻短截的多为中枝和长枝,缓放的多为健壮的短果枝和中果枝。二是当骨干枝上病疤较多,中上部枝条生长衰弱时可利用下部的徒长枝重新培养骨干枝。利用徒长枝培育骨

干枝时在徒长枝着生部位前端 1.0~1.5 cm 处对骨干枝进行刻伤,深达木质部,切断部分木质部向上部枝条的水分与养分供给,促进徒长枝生长。生长季根据徒长枝的生长状况,可剪梢或摘心,促发侧枝,也可在第二年冬季对徒长枝中短截,剪口芽选留延长枝生长方向,培育成骨干枝。在利用徒长枝培养骨干枝的同时,对骨干枝衰弱的枝条进行短截或回缩,促进开花坐果;当徒长枝的生长势已经明显超过原有的骨干枝时,可在 2~3 年内回缩原有的骨干枝,达到更新复壮的效果。骨干枝更新之前,要通过长放、短截、摘心和扭梢等方法培养出新的结果枝组,保持和延长果树的盛果年限。

**1.4.2.4 全树更新修剪。**当树体外围延长枝生长量小于 10 cm, 树体腐烂病及“大小年”严重,树皮变薄或暗淡无光泽时,说明树体生长衰弱,需对全树进行更新修剪。全树更新修剪可在 2~3 年内完成,也可以在 1 年内完成。衰弱树离心生长能力弱,更新修剪时首先是落头开心,降低树干高度;其次是回缩树冠,缩小树冠体积。全树更新时对于较弱的主侧枝,回缩到 3~5 级枝上(主干是 0 级,从主枝开始每分枝 1 次提高 1 级),回缩后萌发的徒长枝和长枝通过先放后缩的方法,培育成大型或中型结果枝组。全树更新时同时要加强对土、肥、水及病虫害防治等的管理。秋季施基肥时开沟挖壕,截断部分老根,促进新根生长,以促进树冠快速形成。更新修剪后萌发的新芽和嫩叶很容易遭蚜虫(*Aphidoidea* spp.)、金龟子(*Scarabaeoidea* spp.)和天幕毛虫(*Malacosoma neustria testacea* Motsch)等为害,应及时预防虫害,且更新修剪后造成的伤口需及时保护,如涂抹泥浆、石硫合剂、波尔多液等,以防腐烂病发生。全树更新修剪后伤口萌发的新梢需要保留,以利于伤口愈合,防止病菌侵入。全树更新的果树,一般多采用开心型或圆锥形,枝条有明显的主从关系,以利于延长果树寿命,利于生长和结果,达到长期发展和利用的目的。量化更新修剪后树冠往往比长放修剪的缩小 20%左右。

## 2 量化更新修剪技术研究进展

**2.1 量化更新修剪对土壤水分及蒸散强度的影响** 土壤水分与果树生长和开花结果等密切相关,土壤水分往往决定了旱区果树的产能<sup>[31]</sup>。渭北旱塬降水量偏少且年度和季节分配不均,苹果产量和品质往往受控于年度降水量和季节分配<sup>[32-33]</sup>。随着树体的逐年生长及对土壤水分的过度消耗,果园深层土壤出现了干燥化,丧失了对土壤水分的调控能力<sup>[34-37]</sup>,影响苹果生产的持续发展。李明霞等<sup>[38]</sup>通过对渭北旱塬苹果树的量化更新修剪,提高了 0~240 cm 土层土壤水分含量,提高了土壤水分蒸散强度高峰,且土壤水分蒸散强度延迟了 30 d 左右,但对 240 cm 以下土层土壤水分和生长期的平均土壤水分蒸散强度无显著影响,这与叶苗泰等<sup>[15]</sup>的研究结果基本相似。量化更新修剪的土壤水分蒸散强度高峰高于长放修剪,进一步说明量化更新修剪果园的土壤供水状况优于长放修剪,有较多的土壤水分用于蒸散消耗。盛果末期苹果园 240 cm 以下土层的土壤含水量比较低,这主要与当地降水不足和果树多年蒸腾消耗密切相关,更新修剪对根系生长及根系分布影响相对较小,难以影响深

层已干燥化土壤的水分含量。

**2.2 量化更新修剪对树体营养的影响** 更新修剪可恢复树势,促进树体生长<sup>[39-40]</sup>。杜社妮等<sup>[41]</sup>的研究表明,在渭北旱塬,量化更新修剪较长放修剪提高了苹果叶片、枝条、果实和根系中的氮、磷、钾和钙的含量,其中氮分别提高了 9.62%、16.92%、1.40% 和 7.60%,磷分别提高了 7.61%、21.21%、16.67% 和 7.41%,钾分别提高了 10.21%、23.60%、13.83% 和 39.62%,钙分别提高了 12.30%、14.59%、20.31% 和 20.33%。

在陕北丘陵沟壑区,李明霞等<sup>[42]</sup>对山地苹果采用量化更新修剪,结果表明量化更新修剪较长放修剪苹果叶片、枝条和果实中的氮含量分别提高了 10.24%、10.13%、11.02%,而根系中的氮含量则降低 8.27%;叶片、枝条、果实和根系中的磷含量分别提高了 9.09%、15.09%、0 和 4.76%,叶片、枝条、果实和根系中的钾含量分别提高了 15.24%、8.33%、9.12% 和 0.55%,叶片、枝条和果实的钙含量分别提高了 7.87%、7.45% 和 8.33%,根系中的钙含量则降低了 13.11%。量化更新修剪减少了留枝量,显著改善了叶片和枝条中营养供给,提高了果实中的氮、钾和钙含量。量化更新修剪留枝量少,叶面积指数小,影响叶片合成的光合产物向根系运转,影响根系的生长发育,因而对根系中的磷及钾无显著影响且降低了根系中的氮和钙含量。果实生长不但受叶片合成的光合产物的影响,而且受根系吸收的水分及矿质营养的影响,因而量化更新修剪对果实中的磷无显著影响。

杜社妮等<sup>[41]</sup>的量化更新修剪对树体营养的影响与李明霞等<sup>[42]</sup>的试验结果有一定的差异,可能是因为杜社妮等<sup>[41]</sup>的试验果园每年秋季树行间开沟施基肥,开沟施肥时截断部分根系,相当于进行了根系修剪,促进了树体地下部分根系生长与地上部枝梢生长之间的平衡,因而根系营养得到相对恢复;而李明霞等<sup>[42]</sup>的试验果园为坡地果园,每年秋季施肥时在树冠外围开挖 4~5 个施肥坑,截断的根系量小,根系未得到充分修剪,造成根系部分生长量相对较大而枝梢生长量相对较小,影响根系与枝梢生长之间的平衡,造成根系部分营养元素得不到满足,影响根系生长。

**2.3 量化更新修剪对树体结构的影响** 树冠是果树进行光合作用的场所及结果部位,其大小、形状等不但取决于树种和品种,而且与人为因素和立地环境密切相关<sup>[43]</sup>。维持一个理想的个体叶面积指数和群体叶面积指数是果树充分利用光能和保证高产优质的主要条件。杜社妮等<sup>[43]</sup>采用了量化更新修剪技术,对盛果末期苹果树进行了修剪,结果表明果园冠层开度较长放修剪降低了 13.15%,叶面积指数提高了 9.64%,平均叶倾角提高 153.22%,距树干 0.5~1.0 m 的消光系数提高 5.84%,树冠外围的消光系数提高 12.81%,单株树冠的消光系数加权平均值提高了 2.97%,利于树冠通风透光,吸收较多的太阳直射光线和散射光线。

**2.4 量化更新修剪对叶片光合能力的影响** 李明霞等<sup>[44]</sup>对盛果末期苹果树进行了量化更新修剪,与长放修剪相比,果台副梢、叶丛枝、发育枝叶片的日均光合速率分别提高了 35.3%、34.8% 和 30.6%,气孔导度分别提高了 33.9%、34.6%

和 27.5%，蒸腾速率分别提高了 23.4%、25.1% 和 21.3%，胞间  $\text{CO}_2$  浓度分别降低了 18.1%、19.3% 和 17.9%。量化更新修剪有利于叶片制造更多的光合物质。

**2.5 量化更新修剪对枝条生长的影响** 枝条是果树着生叶、芽、花和果的器官，是叶片和果实与树干和根系交换各种代谢物质的通道<sup>[31]</sup>。果树枝条与树冠的正常生长与发育，是形成强大枝系和叶幕的先决条件<sup>[45]</sup>。杜社妮等<sup>[46]</sup>的研究表明，量化更新修剪的发育枝长度和粗度较长放修剪分别增加了 63.92% 和 20.93%，果台副梢分别增加了 51.14 和 9.76%，相同树冠体积中的徒长枝、长枝、中枝和营养枝分别增加了 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%，树冠体积缩小了 14.53%，枝条总量降低了 27.82%。

**2.6 量化更新修剪对隔年结果的影响** 隔年结果即“大小年”结果，是导致树势早衰、寿命缩短和产值降低的主要原因之一<sup>[29]</sup>。苹果“大小年”的严重程度一般用相邻 2 年苹果产量之差除以相邻 2 年苹果产量之和乘以 100% 所获得的幅度值来衡量。当幅度值为 0 时为非常稳产且无“大小年”；当幅度值小于 20% 为基本稳产；当幅度值为 20%~30% 时为轻度“大小年”；当幅度值为 30%~50% 时为中度“大小年”；当幅度值为 50%~80% 时为严重“大小年”；当幅度值为 80%~100% 时为“大小年”特别严重，即隔年结果<sup>[29]</sup>。

白岗栓等<sup>[47]</sup>的研究结果表明，无论是小年或大年，量化更新修剪的单株产量基本维持在 87.00 kg 左右，单株产量变化幅度在 1.71%~4.09%，平均为 2.92%，而长放修剪的变化幅度在 32.85%~43.98%，平均为 37.56%，“大小年”之间差异较大。

**2.7 量化更新修剪对苹果腐烂病发生及果园劳动量的影响** 腐烂病是苹果树的毁灭性病害，发病状况与树势强弱、营养状况等密切相关<sup>[48-50]</sup>。杜社妮等<sup>[51]</sup>的研究表明，量化更新修剪的发病率仅为长放修剪的 46.0%~51.0%，发病指数为 27.0%~33.0%。

量化更新修剪与长放修剪果园的劳动量差异主要体现在冬季修剪和疏花疏果上。通常情况下冬季修剪时量化更新修剪的用工量为 82.5 工日/hm<sup>2</sup>，比长放修剪多 15.0 工日/hm<sup>2</sup>，而疏花疏果用工量为 90 工日/hm<sup>2</sup>，比长放修剪少 97.5 工日/hm<sup>2</sup>，量化更新修剪每年可节约 82.5 工日/hm<sup>2</sup>。

**2.8 量化更新修剪对果实产量及果实品质的影响** 疏花疏果后量化更新修剪与长放修剪的单株留果量基本相同，杜社妮等<sup>[43]</sup>的研究表明，盛果末期苹果树量化更新修剪后，其产量、单果质量和产值分别较长放修剪提高 30.18%、23.61% 和 48.66%，量化更新修剪提高了果实的果形指数和有机酸含量，但对果实可溶性固形物、可溶性糖、着色面积、果实硬度、维生素 C 含量等无显著影响。量化更新修剪的果实产量提高幅度高于单果质量提高幅度，这主要是量化更新修剪后果实多着生于树冠内部，受狂风、冰雹及鸟等的危害较少，而长放修剪的果实多着生于树冠外围，易受狂风、冰雹及鸟等的危害，特别是狂风和冰雹的危害，往往吹落或打落打坏部分

果实。

李明霞等<sup>[44]</sup>对渭北旱塬盛果末期的苹果树进行了量化更新修剪，结果表明量化更新修剪显著提高了果实产量和果实单果质量，提高了果实可溶性固形物、可溶性糖和有机酸含量，提高了果形指数，但对果实硬度和维生素 C 含量无显著影响。

李明霞等<sup>[42]</sup>对陕北丘陵沟壑区山地苹果采用量化更新修剪，结果表明量化更新修剪较长放修剪显著提高了果实单果质量、横径和有机酸含量，极显著提高了维生素 C 含量，但对果实纵径、果形指数、硬度、可溶性固形物、总糖、着色面积等无显著影响。

总体而言，量化更新修剪与长放修剪相比，对果实着色面积、果实硬度、维生素 C 含量等影响相对较小，对果形指数因地域不同而影响不同，但均显著提高了果实产量及单果质量<sup>[38,4-44,46-47]</sup>。

### 3 小结与展望

量化更新修剪技术是在传统更新修剪技术的基础上，针对盛果期、盛果末期、衰老期及衰弱苹果树的一种修剪方法。该方法在修剪前根据树体生长状况，首先制定了单位面积或单个树体的目标产量、留枝量及花芽量，然后根据不同枝条的生长状况如枝条长度、粗度及秋梢的有无等，采用长放、短截和回缩等方法，并将营养枝与结果枝的比例控制在 (3~4):1，所留花芽量仅比留果量高出 15%~20%，不但可减少开花坐果树体营养的消耗，而且可大量减少疏花疏果的工作量，防止隔年结果；第二是量化更新修剪的单位面积留枝量较长放修剪少，可减少对土壤水分消耗，同时量化更新修剪降低了冠层开度，提高了叶倾角，利于树冠通风透光，促进枝条生长及果实发育；第三是量化更新修剪减少了短枝和叶丛枝的比例，提高了长枝和中枝的比例，利于树势恢复，延长盛果年限，提高单果质量；第四是量化更新修剪将盛果期苹果树的下垂结果枝逐渐演变为水平结果枝或斜上结果枝，将盛果末期苹果树的水平结果枝逐渐演变为斜向上的结果枝，衰老期及衰弱树苹果树修剪时大量培养斜向上的结果枝和直立结果枝，可维持树势健康发展，减少腐烂病发生。

量化更新修剪是针对盛果期、盛果末期和衰弱树而形成的一套较为完整的修剪技术。随着农业劳动力的不断减少，应在量化修剪指标的指导下，根据树龄、树势及生产目标，制定不同的生产目标，采用不同的修剪方法，维持树体的健康发育，如幼树和初果期树应开展精量化的长放修剪研究，盛果期应开展半长放和半更新的精量化修剪，盛果末期、衰老期及衰弱树应开展精量化的更新修剪研究，以获取最大的经济效益。

### 参考文献

- [1] 杜社妮,白岗栓,郭东峰,等.渭北旱塬衰弱苹果树更新修剪技术[J].北方园艺,2017(15):202-206.
- [2] 李明霞,杜社妮,白岗栓,等.渭北黄土高原苹果生产中的问题及解决方案[J].水土保持研究,2010,17(4):252-257.
- [3] 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[J].园艺学报,2004,31(3):291-296.
- [4] 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.
- [5] 李培环,吴军帅,董晓颖,等.苹果密闭园不同间伐方式对光照、光合和生长结果的影响[J].中国农业科学,2012,45(11):2217-2223.
- [6] 阮班录,刘建海,李雪薇,等.乔砧苹果郁闭园不同改造方法对冠层光照和叶片状况及产量品质的影响[J].中国农业科学,2011,44(18):3805-3811.
- [7] 张晶楠,张淑燕,孙培琪,等.富士苹果垂柳形树冠光照参数与果实品质的关系[J].中国农学通报,2010,26(4):205-209.
- [8] 王建新,牛自勉,李志强,等.乔砧富士苹果不同冠形相对光照强度的差异及对果实品质的影响[J].果树学报,2011,28(1):8-14.
- [9] 厉恩茂,杨阳,陈锋,等.富士苹果不同树形的光能分布及利用[J].中国农学通报,2008,24(10):347-350.
- [10] 高照全,赵晨霞,程建军,等.我国4种主要苹果树形冠层结构和辐射三维分布比较研究[J].中国生态农业学报,2012,20(1):63-68.
- [11] 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[J].园艺学报,2007,34(3):537-542.
- [12] 李丙智,阮班录,君广仁,等.改形对红富士苹果树体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),2005,33(5):119-122.
- [13] 尚志华,魏钦平,孙丽珠,等.乔砧富士苹果改良高干开心形树冠郁闭的评判参数[J].中国农业科学,2010,43(1):132-139.
- [14] 张云慧,李文胜,周文静,等.苹果分层纺锤形冠层结构与果实产量品质的关系[J].新疆农业科学,2018,55(7):1218-1226.
- [15] 叶苗泰,霍高鹏,杨博,等.修剪对山地苹果蒸腾的影响及模拟[J].中国农业科学,2019,52(17):3020-3033.
- [16] 宋凯,魏钦平,岳玉琴,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.
- [17] 王红宁,牛自勉,蔚露,等.高干开心形苹果园亩枝量对苹果产量及品质的影响[J].河北农业大学学报,2018,41(2):42-48.
- [18] 张冲,刘丹花,杨婷斐,等.不同冬剪留枝量对富士苹果生长和结果的影响[J].西北农业学报,2016,25(11):1650-1655.
- [19] 李敏敏,安贵阳,张雯,等.不同冬剪强度对乔化富士苹果成花、枝条组成和结果的影响[J].西北农业学报,2011,20(5):126-129.
- [20] 梁海忠,范崇辉,王琰,等.苹果高纺锤形树体枝量、果实产量与品质的研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):123-128.
- [21] 郑朝霞,王颖,石磊,等.陕西省苹果主产区土壤有机质、氮磷钾养分含量与分布特征[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1191-1198.
- [22] 张义,谢永生,郝明德.黄土沟壑区王东沟流域苹果品质限制性生态因子探析[J].中国农业科学,2011,44(6):1184-1190.
- [23] 高茂盛,廖允成,李侠,等.不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响[J].中国农业科学,2010,43(10):2080-2087.
- [24] 门永阁,任怡华,许海港,等.苹果树不同部位新梢叶片<sup>13</sup>C同化物的去向[J].园艺学报,2014,41(6):1063-1068.
- [25] 杜社妮,白岗栓,郭东峰,等.苹果树串花枝与腋花芽修剪技术[J].现代农业科技,2017(20):100-102.
- [26] 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.
- [27] 李长亮,冯毓琴,陈玉梁,等.拉枝角度对普通型和短枝型“富士”苹果树体生长生理特性和果实品质的影响[J].北方园艺,2018(8):48-52.
- [28] 李雪薇,李丙智,刘富庭,等.刻芽、扭枝和去顶梢对富士苹果枝条导水率、激素含量和花芽形成的影响[J].中国农业科学,2013,46(17):3643-3650.
- [29] 白岗栓,庞录侠,燕志辉,等.陕北山地苹果“大小年”现象的成因及修剪防御措施[J].安徽农业科学,2020,48(5):55-61,64.
- [30] 白岗栓,杜社妮.数量作指标 剪好苹果树[J].西北园艺,1996(4):12-14.
- [31] 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:农业出版社,1993:59,365-368,420-422.
- [32] HERNÁNDEZ A J, LACASTA C, PASTOR J. Effects of different management practices on soil conservation and soil water in a rainfed olive orchard [J]. Agricultural water management, 2005, 77(1/2/3): 232-248.
- [33] 黄明斌,杨新民,李玉山,黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J].地理学报,2001,56(1):7-13.
- [34] 马孝义,王文娥,康绍忠,等.陕北、渭北苹果降水产量关系与补灌时期初步研究[J].中国农业气象,2002,23(1):25-28,46.
- [35] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:科学出版社,2000:86-133.
- [36] 刘贤赵,黄明斌.渭北旱塬苹果园土壤水分环境效应[J].果树学报,2002,19(2):76-78.
- [37] 殷淑燕,黄春长.黄土高原苹果基地土壤干燥化原因及其对策[J].干旱区资源与环境,2005,19(2):76-80.
- [38] 李明霞,杜社妮,白岗栓,等.苹果树更新修剪对土壤水分及树体生长的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2012,38(4):467-476.
- [39] 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.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 杜社妮,李明霞,耿桂俊,等.更新修剪对苹果树冠结构及果实品质的影响[J].西北农业学报,2012,21(4):106-110.
- [44] 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.
- [45] 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.
- [46] 杜社妮,白岗栓,李明霞,等.更新修剪对衰老“富士”苹果枝条生长及树冠结构的影响[J].中国农业大学学报,2012,17(3):74-80.
- [47] 白岗栓,邹超煜,李晶晶,等.更新修剪对苹果隔年结果的影响[J].北方园艺,2014(23):6-10.
- [48] 朱杰华,王江柱,侯保林,等.“9281”防治苹果树皮腐烂病的研究[J].河北农业大学学报,1995,18(4):85-88.
- [49] 王金友,李美娜,张萍,等.辽宁西部地区苹果树皮含钾量与腐烂病发生的关系和防治效果[J].植物保护学报,1998,25(1):61-64.
- [50] 季兰,贾萍,苗保兰,等.苹果树腐烂病病害程度与树体及土壤内含钾量的相关性[J].山西农业大学学报,1994,14(2):141-144.
- [51] 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(5):35-38.