

高纺锤形苹果树不同枝类生长结果习性研究

张小珍, 王 燕

(兰州现代职业学院农林科技学院, 甘肃 兰州 730300)

摘要: 为探索苹果枝梢精准化调控技术, 以苹果品种烟富3号为研究对象, 对其高纺锤形苹果树不同类型侧枝的生长发育、结果效率及果实品质等进行了观察。结果表明, 大型侧枝单位长度结果数为1.53个/m, 小型侧枝单位长度结果数为8.19个/m。下垂结果枝单位长度结果效率最高, 为15.59个/m; 倾斜结果枝单位长度结果效率最低, 为6.74个/m。不同类型结果枝在果实大小和可溶性固形物含量上无明显差异。另外, 侧枝枝龄对花芽类型具有明显影响, 枝条的尖削度越大生长越不稳定。枝条生长模式直接影响花芽形成、结果效率和果实品质, 精准调控枝梢生长, 维持树势和枝势稳定是优质高产的关键。

关键词: 苹果; 烟富3号; 高纺锤形; 枝条生长; 果实生产

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)05-0453-05

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.05.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2023.05.012)

Investigation and Analysis of Growth and Bearing Characters of Different Branches of Tall-spindle Shape of Apple Trees

ZHANG Xiaozhen, WANG Yan

(College of Agriculture and Forestry Science and Technology, Lanzhou Modern Vocational College, Lanzhou Gansu 730300, China)

Abstract: In order to explore the precision control technology of apple branch, the growth and development, bearing and fruit quality of different branches of tall-spindle apple trees were investigated and analyzed by using the apple variety Yanfu 3 as the experiment material. The results showed that the number of fruit per unit length of large lateral-branches was 1.53/m, while the number for the small lateral-branches was 8.19/m. The efficiency per unit length of drooping-branches was the highest, i.e., 15.59/m, while the efficiency per unit length of inclined-branches was the lowest, i.e., 6.74/m. However, no significant differences in fruit size and total soluble solid content among different branches were detected. In addition, the age of lateral-branches had a significant effect on the type of flower buds, and the larger the taper-degree of branches was, the more unstable the growth was. The growth pattern of apple branches directly affected the formation of flower buds, bearing and fruit quality. It is essential to accurately regulate branch growth and maintain the stability of tree vigor and branch vigor to achieve high-quality and efficient fruit production.

Key words: Apple; Yanfu 3; Tall-spindle shape; Branch growth; Fruit production

苹果(*Malus* Mill.)是我国重要的北方落叶果树之一, 栽培面积大、产量高、经济效益好, 是我国北方农村经济的重要支柱性产业^[1]。在长期的栽培实践中, 通过对树形结构优化、花果标准化管理及土肥水管理等技术的研究, 已形成了适合我国实际的苹果园管理模式, 并在生产中发挥了重要的作用, 推动了我国苹果产业的稳步发展。但随着市场经济的发展和劳动力成本的增加, 果园省力化、轻简化和标准化生产已成必然趋势。如何在新的发展时期建立新的栽培模式, 提高现有果园生产力水平显得十分迫切。

为探索苹果新的栽培模式, 近年来我国从国

外引进了苹果高纺锤形树形修剪技术, 并在生产中推广应用^[2-3]。关于高纺锤形栽培, 国内外的相关研究较多, 从理论和实践上总结了诸多成功经验, 并取得了显著的成效^[4-8]。但相关研究主要集中在养分代谢、花芽分化、果实发育和激素调控等方面^[9-13], 而对于枝条生长发育规律、花芽质量控制、单位空间结果效率和树体生产能力稳定性评价等方面的研究较少。

我们以高纺锤形烟富3号苹果树为研究对象, 通过对不同类型枝条的生长发育、结果效率及果实品质等的观察分析, 以探索苹果高纺锤形栽培枝梢精准化调控技术, 为促进苹果省力化、标准

收稿日期: 2023-03-13

作者简介: 张小珍(1971—), 女, 甘肃永登人, 讲师, 研究方向为园艺植物生产。Email: lzhxzh@sohu.com。

化栽培技术体系的发展提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

供试苹果品种为烟富 3 号，砧木为 M9T337，树形为高纺锤形。

1.2 果园概况

试验果园位于甘肃省庄浪县中部的水洛镇，川台地。当地平均拔 1 640 m，年均气温 8.4 ℃，年降水量 482.4 mm。果园地势平坦，沙质壤土，土层深厚，土质疏松，通透性好。苹果树株行距 1.0 m × 3.5 m，架设立架，树下覆膜，管理水平中等。

1.3 试验方法

1.3.1 枝梢生长调查 选择生长一致性好的 8 年生果树 10 株，对其不同侧枝的生长(大小、类型、枝龄、花芽分布)、结果效率、结果枝类型、着果部位等进行调查；同时依据不同类型枝条生长特点，选择生长强旺和生长中庸的枝条，间隔 10 cm 从基部至顶端测定不同部位的粗度和长度，计算枝条的尖削度[尖削度=(基粗-顶粗)/枝长]，并对枝条生长稳定性与削度之间进行相关性分析，单株重复。选择 4 年生、8 年生苹果树各 10 株，对不同树龄的侧枝生长情况进行调查，单株重复。选择 8 年生不同生长类型(强旺树、中庸树和弱树)果树进行顶梢生长情况调查，重复 10 次；同时对 4 年生果树不同生长类型(强旺枝、中庸枝和弱枝)侧枝进行顶梢生长情况调查，重复 10 次。利用卷尺和游标卡尺测定枝条长度和粗度。

1.3.2 结果部位及果实质量调查 从生长良好的 8

年生树体(分上部、中部、下部)，树冠内膛、外围，结果枝基部、中部和顶端随机取样果 10 个，用游标卡尺测量果实纵径与横径，用日本产 N-1 型便携式无损近红外光仪测定果实可溶性固形物含量。

1.3.3 数据统计分析 对田间树体测定数据采用 Excel 2019 软件进行整理和图表制作，使用 DPSv 9.10 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 侧枝大小对结果效率和果实品质的影响

从表 1 可以看出，对 8 年生果树而言，不同大小的着果侧枝，在粗度、长度、顶梢长度及结果效率方面差异明显。大型侧枝结果数少，单位枝长结果数为 1.53 个/m，小型侧枝单位枝长结数果多，为 8.19 个/m。不同大小侧枝间果实可溶性固形物含量也存在一定差异，但差异不显著。说明单位空间的结果效率与着果侧枝大小相关，即大型侧枝虽生长强旺，但结果效率差；小型侧枝生长相对弱，而结果效率相对高，是高纺锤形适宜的侧枝类型。由于粗度接近 3 cm 的大型侧枝占用空间过大，导致结果效率低，因此侧枝粗度以控制在 2 cm 内为宜。

2.2 侧枝类型对结果效率和果实品质的影响

从表 2 可以看出，倾斜式侧枝生长量大、枝条粗壮；下垂式侧枝生长量最小、枝条细。下垂式侧枝结果最多，而倾斜式侧枝结果最少。水平式侧枝所结果实可溶性固形物含量最高，下垂式侧枝所结果实可溶性固形物含量较低。水平式侧枝上的果实果个大；下垂式侧枝上的果实果个小。

表 1 不同大小侧枝的结果效率和果实品质

侧枝大小	侧枝粗 /cm	侧枝长 /cm	顶梢长 /cm	结果数 /个	果实纵径 /cm	果实横径 /cm	可溶性固形物含量 / (g/kg)	单位枝长结果数 / (个/m)
大型	2.80±0.17 a	245±23.1 a	65.00±11.95 a	3.75±0.55 b	6.75±0.22 a	8.03±0.47 a	129.3±5.1 a	1.53±0.8 c
中型	1.50±0.09 b	140±9.20 b	26.67±6.25 b	7.33±0.87 a	6.93±0.19 a	8.40±0.15 a	135.3±2.3 a	5.24±0.9 b
小型	1.09±0.10 c	77±6.30 c	18.33±3.83 c	6.33±0.53 a	6.80±0.15 a	7.97±0.45 a	134.0±2.7 a	8.19±1.6 a

表 2 不同类型侧枝的结果效率和果实品质

侧枝类型	侧枝粗 /cm	侧枝长 /cm	结果数 /个	可溶性固形物含量 / (g/kg)	果实纵径 /cm	果实横径 /cm	单位长度结果数 / (个/m)
水平枝	2.00±0.14 a	68.67±5.40 a	6.99±0.44 b	137.0±14.1 a	6.97±0.45 a	8.40±0.66 a	10.17±0.92 b
下垂枝	1.17±0.12 b	56.67±3.62 b	8.82±0.76 a	129.7±9.80 a	6.83±0.56 a	8.17±0.45 a	15.59±0.62 a
倾斜枝	2.07±0.18 a	66.67±7.56 a	4.50±0.25 c	134.0±11.2 a	6.87±0.76 a	8.37±0.87 a	6.74±0.55 c

以上结果说明, 侧枝生长类型对结果效率和果实品质存在明显影响, 下垂式侧枝作为高纺锤形主要的结果枝类型, 应适当控制其结果量, 这对提高果实品质十分重要。

2.3 不同枝龄枝条生长及其对花芽类型的影响

从表 3 可以看出, 随着 8 年生树体侧枝枝龄的增加, 着果枝条的粗度明显增加, 1 年生枝平均粗度为 0.56 cm, 2 年生枝为 0.90 cm, 3 年生枝为 1.40 cm。从枝梢长度看, 1 年生枝平均长度 32.4 cm, 2 年生枝为 42.1 cm, 3 年生枝为 75.0 cm。从不同枝龄枝梢着生的花芽类型来看, 1 年生枝以腋花芽为主, 2 年生枝以短果枝花芽为主, 3 年生枝以短果枝、中长果枝花芽为主。说明花芽类型与结果枝梢的枝龄有关, 且随着枝龄的变化而变化。

2.4 不同树龄树体的侧枝生长发育情况

对 4 年生和 8 年生苹果树侧枝生长发育情况的调查结果(图1)显示, 4 年生树体主要以粗度 0.5 ~ 1.0 cm 的侧枝为主, 占比为 33.3%; 粗度为 2.0 ~ 3.0 cm 的侧枝占比较少, 为 11.5%。8 年生树体主要以粗度 1.5 ~ 2.0 cm 的侧枝为主, 占比最大, 为 36.7%, 而其余类型较少。说明不同树龄之间侧枝发育差异较大, 随着树龄的增加, 大型侧枝所占比例明显提高, 呈枝梢强大化的趋势, 生产上应及时加以控制, 以防随树龄增加结果效率下降。

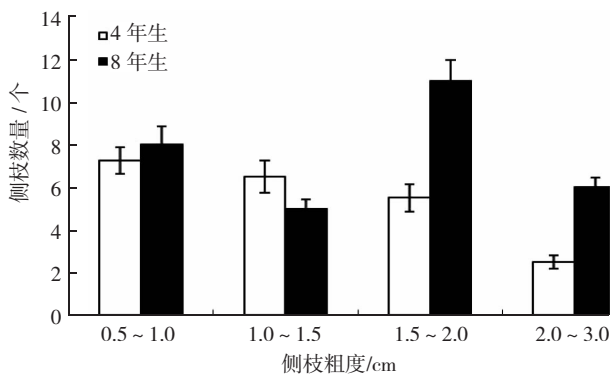


图 1 不同树龄果树的侧枝分布

2.5 枝条生长的稳定性

由图 2 可以看出, 8 年生树体生长稳定的枝条基部粗度为 1.43 cm, 顶端粗度为 0.62 cm, 平均粗度为 0.95 cm, 枝条基部和顶端粗度差异小; 生长不稳定的枝条基部粗度为 2.21 cm, 顶端粗度为 0.75 cm, 平均粗度为 1.51 cm, 枝条基部和顶端粗度差异大。因此, 可用单位枝长前后端的粗度比值, 即枝条“尖削度”来表示枝条生长的稳定性。以上表明, 枝条基部和顶端粗度差异越大, 即枝条“尖削度”越大枝条生长越不稳定, 容易出现徒长, 不利花芽形成, 生产上尽量减少非稳定枝条数量, 多培养生长稳定的枝条。

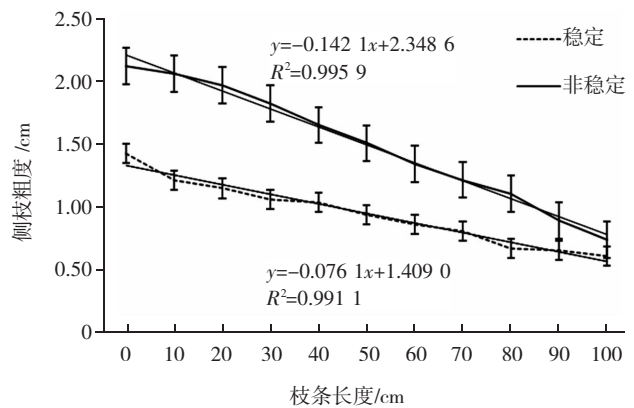


图 2 稳定枝条和非稳定枝条生长变化比较

2.6 不同树势树体和不同枝势侧枝的顶梢生长情况

对 8 年生强旺树、中庸树和弱树的调查结果显示, 强旺树、中庸树、弱树的顶梢长度分别为 70.82、39.20、27.60 cm, 顶梢粗分别为 0.73、0.44、0.37 mm。不同生长势的树体顶梢生长量间差异较大, 达显著水平, 说明顶梢生长发育与树势强弱有关。另外, 对 4 年生果树强旺枝、中庸枝和弱枝的顶梢长度调查结果表明, 强旺枝、中庸枝和弱枝的顶梢长度分别为 49.26、26.00、12.40 cm, 顶梢粗分别为 0.54、0.36、0.23 mm, 不同类型侧枝间顶梢生长量差异显著(表 4)。由此可

表 3 不同枝龄的枝条和结果枝生长发育情况

枝龄	着果枝条		结果枝数/个		
	粗度/cm	长度/cm	短果枝	中果枝	长果枝
1 年生	0.56±0.11 c	32.38±8.34 c	0.50±0.93 b	0 c	0 c
2 年生	0.90±0.23 b	42.13±21.51 b	7.00±3.30 a	1.50±1.20 b	0.75±1.39 b
3 年生	1.40±0.14 a	75.15±13.26 a	7.00±2.73 a	2.75±2.19 a	3.00±0.76 a

表 4 不同树势和不同枝势的顶梢生长情况

类 型	8年生树不同树势顶梢生长情况		4年生树不同侧枝顶梢生长情况	
	顶梢长 /cm	顶梢粗 /mm	顶梢长 /cm	顶梢粗 /mm
强旺	70.82±12.6 a	0.73±0.05 a	49.26±5.67 a	0.54±0.08 a
中庸	39.20±2.62 b	0.44±0.05 b	26.00±3.86 b	0.36±0.05 b
弱	27.60±3.97 c	0.37±0.04 c	12.40±1.95 c	0.23±0.02 c

见, 顶梢生长量与树势和枝势的强弱有关, 可作为评价树势和枝势强弱的参考指标。

3 讨论与结论

以高纺锤形烟富 3 号苹果树为研究对象, 调查分析了不同类型侧枝的生长发育、结果效率及果实品质等。结果表明, 大型侧枝生长强旺, 但结果效率差, 单位长度结果数为 1.53 个/m; 小型侧枝生长弱, 而结果效率较高, 单位长度结果数为 8.19 个/m; 其中下垂结果枝单位长度结果效率最高, 为 15.59 个/m; 倾斜结果枝单位长度结果数最低, 为 6.74 个/m。可见保持侧枝的小型化是丰产的关键, 这与张林森等^[14]的研究相一致。侧枝的生长模式对结果效率和果实品质存在明显影响, 下垂枝空间占用少, 结果效率高, 可作为高纺锤形苹果树的主要结果枝类型。但随着生长量的下降, 下垂枝制造光合产物的能力逐渐降低, 难以维持高效生产, 应及时更新复壮。

李宏建等^[15]对富士苹果不同方位结果枝的调查表明, 拉枝角度为 91°~180° 的结果枝, 所结果实的单果质量、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量和着色指数等均高于其他处理, 认为结果枝角度增加后, 供给果实的氮素营养减少, 而碳水化合物增加, 从而提高了果实可溶性总糖和可溶性固形物等内含物质的含量。从本研究的调查结果可以看出, 随着侧枝角度的增加, 单果质量、可溶性固形物等差异不明显, 即拉枝角度对果实品质影响不明显。另外, 随着树龄和枝龄的增加, 侧枝的强化化趋势明显, 大型侧枝所占比例明显增多, 但结果效率低, 不利于优质生产, 应对大侧枝及时更新, 控制好树冠大小, 维持稳定的果实生产能力。在侧枝粗度控制方面, 有研究认为当高纺锤形苹果树的侧枝基部直径达到 3 cm 左右时应及时更新^[16-17]。但从本研究结果来看, 由于粗度接近 3 cm 的大型侧枝占用空间过大, 导致结

果效率低, 因此建议侧枝粗度以控制在 2 cm 内为宜。

苹果树的花芽类型会随着枝龄而变化, 1 年生枝为叶芽或者腋花芽, 2 年生枝为短果枝花芽, 3 年生枝为中长果枝花芽。枝龄对花芽类型影响明显, 决定着花芽类型, 花芽类型又决定了果实品质, 因此, 从花果精准调控和品质管理的角度出发, 应充分考虑枝龄对花芽形成的影响, 通过控制枝龄来达到控制花芽类型的目的。

如何减少树体徒长枝数量、培养生长稳定的结果侧枝是苹果丰产的关键。目前对结果侧枝生长稳定性的评价一般用枝梢粗度判断, 通常以不同类型枝条的枝干比来判定结果侧枝的优劣^[18], 但实际应用中经常会出现一些与此不大相符的现象。如有些枝条较粗, 但生长稳定; 有些枝条较细, 而生长不稳定。可见单纯以粗度判断枝梢优劣并不准确。枝条在生长过程中受养分和水分供给的影响生长差异性较大, 基部粗而先端细的枝条养分和水分流动不畅, 在受阻部位会产生徒长枝和花芽流失现象, 破坏原有生长平衡, 产生非稳定枝条。本研究采用枝条“尖削度”作为判断枝条生长稳定性的指标。在枝条粗度相同的情况下, “尖削度”决定了枝条的生长稳定性, 尖削度越小, 生长越稳定, 越有利于果实生产; 反之, 枝条尖削度越大生长越不稳定。该指标值能够将枝条的粗度和粗度变化有效的结合, 克服了单纯以粗度判定的缺陷, 可作为评价枝梢生长优劣的参考指标。目前, 有关研究主要集中在主干方面, 而对结果侧枝的评价较少^[19-20]。

树势的强弱与果实生产关系密切。目前在评价苹果树树势强弱方面, 乔化栽培主要用树冠外围的新梢生长量来评判^[21], 但对矮砧密植栽培的树势判定缺乏可参考的基准。研究表明, 中心干的顶梢生长量与树势强弱有关, 可作为评价树

势强弱的参考指标, 这与 Ohno 等^[22]的研究基本一致, 可为苹果矮密栽培下树势的判断提供参考。

苹果枝梢的生长发育和管理技术较为复杂, 枝条生长模式直接影响花芽形成、结果效率和果实品质, 精确调控枝梢生长, 维持树势和枝势稳定是高产的关键。本研究仅从枝条生长强弱、花芽形成、单位枝长的结果效率、枝条生长稳定性评价等方面做了些初步探索。今后应在深化研究的基础上, 提出苹果枝梢精准化管理标准, 促进果园管理模式从传统经验型到科学化和量化管理的转变。

参考文献:

- [1] 张强强, 霍学喜, 刘军弟, 等. 世界苹果产销格局及市场动态预测分析[J]. 世界农业, 2016(7): 147-152.
- [2] ROBINSON T, STEPHEN HA, REGINATO GH. The tall spindle apple production system[J]. New York Fruit Quarterly, 2006, 14(2): 21-28.
- [3] 慕钰文, 冯毓琴, 张永茂, 等. 陇东地区苹果矮砧密植栽培现状及发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2017(4): 62-65.
- [4] 张抗萍, 李荣飞, 常耀栋, 等. 果树树形的形成机制与调控技术研究进展[J]. 果树学报, 2017, 34(4): 495-506.
- [5] 陈锡龙, 罗文文, 韩明玉, 等. 纺锤形苹果树冠层不同区位叶片光合有效辐射积累与叶片质量关系的研究[J]. 果树学报, 2013, 30(6): 952-957.
- [6] 薛晓敏, 韩雪平, 王金政. 山东省苹果矮砧集约栽培现状与发展对策[J]. 山东农业科学, 2017, 49(12): 139-143.
- [7] 姜孝军, 李宏建, 刘志, 等. 主枝上枝组直立与下垂对‘岳冠’苹果品质的影响[J]. 北方果树, 2021(5): 22-23.
- [8] 王红宁, 孙俊宝, 牛自勉, 等. 主枝选留对高纺锤形苹果产量及品质的影响[J]. 福建农业学报, 2020, 35(5): 519-524.
- [9] 张东, 赵娟, 韩明玉, 等. 黄土高原富士苹果叶片矿质养分与果实品质相关性分析[J]. 园艺学报, 2014, 41(11): 2179-2187.
- [10] 张强, 魏钦平, 蒋瑞山, 等. 富士苹果矿质营养含量与几个主要品质指标的相关性分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(10): 1963-1968.
- [11] 樊胜, 雷超, 辛明志, 等. 苹果赤霉素信号转导因子 MdGAMYB 的克隆和表达分析[J]. 园艺学报, 2017, 44(5): 817-827.
- [12] 孟红志, 姜璇, 陈修德, 等. SH40 中间砧和自根砧对苹果根系生长和内源激素含量的影响[J]. 园艺学报, 2018, 45(6): 1193-1203.
- [13] 马玲, 张鑫, 孟莹, 等. 喷施 GA3 和 6-BA 对“富士”苹果顶芽内源激素及成花成枝的影响[J]. 西北植物学报, 2018, 38(5): 873-884.
- [14] 张林森, 马锋旺, 李丙智, 等. 国外苹果高纺锤形整形技术与应用[J]. 中国果树, 2007(6): 69-70.
- [15] 李宏建, 刘志, 徐贵轩, 等. 苹果不同角度结果枝组对果实品质与叶片营养物质含量的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(11): 114-117.
- [16] 崔娟子, 刘养峰. 不同树龄矮化苹果树高纺锤形整形修剪[J]. 西北园艺, 2019(2): 12-13.
- [17] 唐永辉, 宋永良, 王文. 苹果高纺锤树形整形存在的问题及对策[J]. 落叶果树, 2020, 52(4): 66-67.
- [18] 王田利. 红富士苹果树修剪技术[J]. 河北果树, 2016(1): 13-16; 19.
- [19] 李敏, 厉恩茂, 安秀红, 等. 拉枝对‘富士’苹果幼树生长发育的影响[J]. 中国果树, 2016(6): 8-11.
- [20] 郝婕, 索相敏, 李学营, 等. 苹果自由纺锤形树体结构相关因素分析[J]. 中国果树, 2016(2): 18-21.
- [21] 曹敏格, 杨海玲, 张文, 等. 苹果砧木矮化性评价指标的研究[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(5): 11-18.
- [22] OHNO H AND TAMUNA H. A simplified method of measuring the tree vigor of ‘Fuji’ apple tree grafted on JM7 rootstock[J]. Hort. Res. (Japan), 2011, 10(4): 559-563.