

陇东密闭苹果园间伐后群体冠层结构与生育后期叶片生理特性研究

刘兴禄, 孙文泰, 牛军强, 董 铁, 尹晓宁, 马 明

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 兰州 甘肃 730070)

摘要: 通过对成龄红富士苹果密植园与间伐(隔株间伐)果园土壤水分、冠层特征、叶片形态及生理特征等指标的比较分析, 研究陇东早塬苹果园不同栽植密度对树体冠层特征及生育后期叶片生理特性的影响。结果表明, 间伐使果园枝条总量降低了 47.49%, 改善了冠层内光照环境, 冠层的直射透过系数增加了 78.95%, 显著提高了叶片质量。间伐果园树体平均叶面积增大 4.15%, 叶片百叶重、比叶质量、叶绿素含量比郁闭果园分别增长了 19.04%、12.9%、1.8%, 并有效减少叶片细胞膜质过氧化物 MDA 积累、抗氧化酶 SOD、POD 活性。综合分析, 间伐有利于改善郁闭果园的群体结构及冠层微环境, 尤其是冠内光照环境得到了明显改善, 促进生育后期叶片质量的提高及土壤蓄水保墒, 是陇东早塬密闭苹果园调整优化、提质增效的关键技术之一。

关键词: 苹果园; 间伐; 冠层结构; 叶片质量; 光照

中图分类号: S662.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2018)01-0021-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2018.01.008)

甘肃陇东早塬区是我国优质苹果的重要产区, 以红富士为主栽品种, 苹果产业为当地发展经济的支柱产业。但大部分果园多为 20 世纪 90 年代初期建立的乔化密植园, 采用 3 m × 4 m 的形式管理, 并且为了实现早果丰产的目标, 多采用轻剪长放等修剪措施, 进入盛果期后的果园易出现枝量偏多、个体和群体郁闭、导致树冠光照条件恶化、结果部位外移、病虫害较重、大小年结果严重、生产管理困难、水肥消耗大、品质下降等问题^[1-4]。这些问题严重制约了苹果生产的优质高效和可持续发展。密闭果园的合理结构调整与优化成为该产区亟待解决的重大技术问题。

适宜的栽植密度、合理的群体结构与个体空间分布、适宜的冠层生态环境是实现苹果优质丰产的关键^[5]。间伐、改造树形是红富士苹果郁闭园改造的主要措施^[6]。目前生产中郁闭果园主要通过提干、落头、疏大枝、缩冠等整形修剪措施来改善果园通风透光条件, 可短时降低单个树体冠层郁闭程度, 但无法长久保持果园合理群体结构、空间利用等^[7-9]。有研究表明, 间伐可降低冠体交接率, 减少果园总枝量, 改善果园通风透

光条件和果园群体结构, 增强树势^[10-11]。有关郁闭园改造对冠层生态环境、叶片光合能力、果实产量品质的影响等方面研究较多^[12]。但在土壤水分匮乏、光照充足的陇东早塬区果园土壤水分的保持、冠层特征的变化、生育后期功能叶片培育等方面的研究鲜有报道。为此, 我们以甘肃陇东早塬区成龄红富士乔化密植果园为研究对象, 通过对郁闭园和间伐改造园的土壤水分空间分布、果树冠层特征、生育后期功能叶片的形态及生理特性的对比分析, 以为苹果密植园进一步改造技术方案优化与优质果品生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015—2017 年在甘肃省平凉市静宁县城川乡吴庙村苹果园进行。试验园地处葫芦河岸川道地, 海拔 1 650 m。年均降水量 450.8 mm, 主要集中于 7—9 月。光照充足, 年均日照时数 2 238 h, 无霜期 159 d, 年平均气温 7.1 ℃。土壤为黄绵土, pH 为 7.6~8.6, 耕层土壤含有机质 11.8 g/kg、全氮 1.00 g/kg、全磷 0.99 g/kg、全钾 20.69 g/kg、碱解氮 75.0 mg/kg、有效磷 66.68 mg/kg、速效钾

收稿日期: 2017-11-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0201135); 国家公益性行业(农业)科研专项(201303104); 甘肃省苹果产业科技攻关项目(GPCK2011-1); 国家自然科学基金“西北黄土高原雨养农业区长期覆膜苹果树根系生长障碍的进程与机理”(31760555); 国家苹果产业技术体系平凉综合试验站建设(GARS-27); 农业部西北地区果树科学观测实验站(S-10-19)。

作者简介: 刘兴禄(1962—), 男, 甘肃会宁人, 农艺师, 主要从事苹果栽培研究工作。E-mail: 3104477484@qq.com。

通信作者: 马 明(1965—), 男, 甘肃秦安人, 研究员, 主要从事苹果育种与栽培生理研究工作。联系电话: (0)13893685370。E-mail: maming65118@163.com。

342 mg/kg。

1.2 试验材料

试材为18年生红富士苹果树,品种为长富2号,砧木为海棠。以郁闭果园为对照(CK),不间伐,株行距为3 m×4 m。间伐果园采取隔株间伐,即在行内隔1株去1株,由株行距3 m×4 m变为6 m×4 m,在间伐的同时对保留果树树体通过“提干、落头、疏枝、开角”措施调整优化树体结构,使单株枝干量减少40%以上。

1.3 试验测定项目及方法

1.3.1 树冠冠幅及果园结构

测量树冠东西向和南北向冠幅,计算株间、行间交接率、树冠覆盖率、树冠交接率。

株间交接率=[(株间枝展-株距)/株距]×100%

行间交接率=[(行间枝展-行距)/行距]×100%

树冠覆盖率=(单株树冠投影面积×栽植株数/植株总占地面积)×100%

1.3.2 树体结构指标

落叶后进行,树高用标杆测量;用卷尺测量从地面到第1个分支处的高度,即干高;在距地面30 cm树干处,用卷尺测量树干周长,即干周;在树冠投影处,用卷尺测量树冠东西向和南北向,即冠幅;统计总枝量、枝类比(长枝>15 cm;中枝5~15 cm;短枝<5 cm)等。

1.3.3 叶片质量的测定

采样方法:2015—2017年每年8月上旬至10月下旬分别在树冠东、西、南、北4个方向的外围(距树干大于1.5 m)第1层主枝选取生长势好且长势一致新梢的第4~7片无机械损伤、无病虫害的叶作为供测叶片,每3株树为1个取样单元,重复3次。比叶重=叶片干重/叶面积。叶绿素用SPAD-520叶绿素仪在树上直接测定。叶面积用YMJ-C型叶面积测量仪测定。叶片于105℃烘箱烘30 min,再于75℃烘箱烘至恒重,称量叶片干质量,最后粉碎后制成待测样品。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照NBT(氮蓝四唑)光化还原法;过氧化物酶(POD)活性测定参照愈创木酚法;丙二醛(MDA)含量测定参照TBA(硫代巴比妥酸)法。

1.3.4 冠层特性测定

2015—2017年每年8月上旬,选择阴天或者傍晚,将配备360°鱼镜头的

CI-110冠层仪在树冠下距主干50 cm处,分东、南、西、北4个方向采集冠层图像,然后用仪器自带的冠层分析软件对采集到的图像进行分析处理。计算果园透光率和树冠内透光率,取3次测定的平均值。

1.3.5 土壤水分测定

于2015—2017年春梢旺长期、果实膨大期、果实采收期进行土壤采样,分0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm共5个土层,每个土层土壤(垂直方向每20 cm为1层)分别用体积为100 cm³的环刀取样,带回实验室,测定土壤含水量。

1.4 数据处理

采用Excel 2003软件计算果园冠层特性指标及叶片生理指标等,并绘制图表。利用SPASS 13.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 果园树体数量变化

由表1可知,密闭果园经过间伐与“提干、落头、疏枝、开角”改形后,枝条总数由对照的2 095 500枝/hm²减少至1 100 400枝/hm²,降低了47.49%,表明间伐能有效降低果园总枝量,是改善果园群体结构、解决果园郁闭最直接的途径。间伐改形后树体结构也发生了根本变化,与对照相比,干高平均提高20.5%,主枝数平均减少2个,冠径增大,同时一年生枝条数量增加了5.01%,特别是显著增加了叶丛枝数量。由于间伐降低了果园群体密度,因此树体养分集中,主枝延长头适度抬高,树冠得到迅速扩展,符合乔化果树的自然生长发育规律;而对照树由于受栽植密度限制,加之枝条数量过大,通风透光不良,致使多发长枝并徒长,只能连年回缩控冠,愈回缩树体愈旺长,从而造成树体平衡失调、生长结果紊乱。

2.2 果园土壤水分动态

春梢旺长期、果实膨大期、果实采收期是苹果树年生长周期中3次发根高峰的时期,此时根系、枝梢、果实的生长发育均需要大量的水分与养分,对果园土壤蓄水保墒能力有极高的要求。由图1可知,间伐果园有效提高0~100 cm不同土

表1 不同果园苹果树体概况

	栽植密度 (m×m)	树高 /cm	干高 /cm	干径 /cm	主枝数 (个/株)	冠幅 (cm×cm)	一年生枝 (枝/株)	二年生枝 (枝/株)	多年生枝 (枝/株)	总枝量 (枝/hm ²)
间伐果园	6×4	230.4	125.8	19.2	5	517×504	2 620	41	17	1 100 400
郁闭果园	3×4	253.6	104.4	21	7	516×489	2 495	36	20	2 095 500

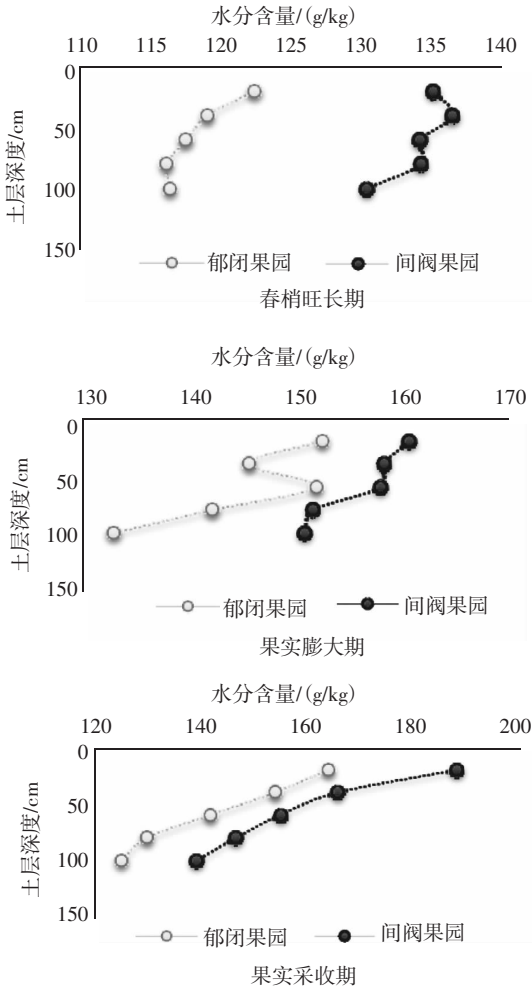


图 1 不同苹果园土壤水分空间分布

层土壤水分含量，春旱时期在根系密集分布区 60 ~ 80 cm 土层的效果最显著，为密闭果园的 114.16%。果实膨大期 100 cm 土层间伐园土壤水分比密闭果园提高了 13.49%，而果实采收期 0 ~ 20 cm 土层的水分增加最为显著。

2.3 群体结构及冠层特性比较

由表 2 可知，由于郁闭果园的单株树冠投影面积比单株占地面积还大 94.92%，因此果园树冠

覆盖率也大大超过 100%，不利于树冠中、下层叶片的光合作用。间伐减少了果园枝叶量及树冠枝条交叉重叠，显著降低了果园树冠覆盖率、株间交接率、行间交接率，降幅分别为 10.09%、84.55%、12.19%。叶面积指数有小幅降低，良好的透光条件下，使得冠层的直射透过系数增加了 78.95%，叶片更趋于平展，使树体中、下层叶片可以更好的接收利用光照，提高光能利用率；使内膛枝条生长充足，花芽质量好；同时平均叶面积增大 4.15%，最大气孔导度增加了 82.69%，增加了叶片的光合能力。郁闭果园由于枝条、叶片的相互重叠遮荫，使直射光透过系数较小，不利于光能利用。

2.4 生育后期叶片质量比较

由表 3 可知，树木生育后期叶片质量直接影响果实采后的光合产物积累与树体贮藏营养的回收。间伐后，苹果树体叶片质量得到显著提高。叶片百叶重、比叶质量、叶绿素含量分别比郁闭果园增长了 19.04%、12.90%、1.80%。而郁闭果园叶片细胞膜质过氧化物的 MDA 积累、抗氧化酶 SOD、POD 活性较间伐果园高，这是由于较差的冠层微环境及果园土壤含水量较低，使得叶片光合能力减弱，树体生理活性受到阻碍，为清除活性氧自由基，增加细胞渗透调节能力，叶片需要产生大量抗氧化酶与渗透调节物质，以提高树体的适应性及抗旱力。

3 小结与讨论

本研究认为，树木改形可短时降低单个树体冠层郁闭程度，但无法长久保持果园合理群体结构。由观测结果可知，成龄郁闭园采用间伐与“提干、落头、疏枝、开角”措施后，从群体结构调整入手，使果园枝干合理覆盖，树体总枝数减少至 1 100 400 条 /hm²，是改善果园群体结构、提

表 2 不同苹果园冠层特性指标

	叶面积指数	平均叶倾角 /°	直射透过系数	树冠投影面积 /m ²	果园树冠覆盖率 /%	株间交接率 /%	行间交接率 /%	最大气孔导度	平均叶面积 /cm ²
间伐果园	3.05	11.33	0.34	19.27	80.91	-14.13	23.75	0.285	31.34
郁闭果园	3.65	26.29	0.19	23.39	100	70.42	35.94	0.184	30.09

表 3 不同苹果园生育后期叶片生理特性比较

	长 /cm	宽 /cm	长宽比	百叶重 /g	比叶质量 /(g/cm ²)	比叶面积 /(cm ² /g)	叶绿素 /(SPAD)	SOD /(U/gFW)	POD /(U/gFW)	MDA /(nmol/g)
间伐果园	8.33	5.32	1.56	43.77	0.35	2.86	57.78	23.24	18.85	0.96
郁闭果园	8.08	5.11	1.57	36.77	0.31	3.16	56.76	29.22	20.44	2.30

高光照利用率、解决果园郁闭的最有效途径。由于枝条总量的减少及枝组结构的优化,间伐减少了果园叶片数量及树冠枝条交叉重叠,在良好的冠层透光条件下,叶面积、比叶质量、叶绿素比郁闭果园提高了4.15%、12.90%、1.80%。冠层的直射透过系数增加了78.95%,叶片趋于平展,使树体中、下层叶片可以更好的接收利用光线;叶面积、最大气孔导度增加,提高了叶片光能利用率,促进了光合产物的形成,同时良好的营养条件使得叶片具有更好的抗氧化能力,减少抗氧化酶与渗透调节物质在叶片中的积累。经过间伐后,果园果树数量减少一半,大大减少了土壤养分、水分的流失,可充足的提供给树体,增强树体养分积累;同时主枝在空间中舒展,接受充足的光照,冠内微环境的改善,有利于提高叶片质量,增强树势。这就是植物对环境的适应或植物与环境的互作效应使能量和物质的利用率达到最高,即最佳利用原则^[5],表现为叶片的发育质量与其所处的辐射环境有着密切的关系,在相对较好的冠内微环境下,叶片发育较完善,比叶重和叶绿素含量较高,这是树体对间伐后环境改善适应性的结果。

苹果是喜光树种,果园光照状况不仅影响树势和干物质生产,而且还与果实的大小、可溶性固形物含量及果面色泽等商品性状密切相关^[13]。因此,适宜的栽植密度、合理的群体结构和个体枝干空间分布、良好的光照等,是果园可持续发展的关键^[14-15]。

我国的乔砧红富士密植栽培果园较多,15 a以上树龄的果园普遍存在树密、枝多等问题,造成果园郁闭、通风透光性差、果实产量下降、品质不佳等现象。近些年来,针对生产中存在的上述问题,魏钦平等^[2]、张显川等^[15]探索了改善果园光照条件的技术措施,主要通过果树的整形修剪来调整冠层结构,力求减少主枝数、控制单株枝数,从树形结构分布方面来改善树冠内的光照分布。总体来看,现有的技术措施只是针对果树个体,即进行树形改造。

间伐后,果树生产能力、树势的提高、抗旱能力的增强不仅与冠内微环境的改善、叶片的质量有关,同时也与树体营养运输与平衡、根系生长范围的扩大、生理活性的提高有着密切关系。本文仅针对郁闭果园间伐改形后的果园群体结构、个体冠内微环境特征、叶片质量进行了研究与探

讨,而根系对树体地上部生长环境改善的响应还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 李保国,郭素平,齐国辉,等.红富士苹果生态适宜栽培区评价方法研究[J].西北林学院学报,2006,21(5):78-80.
- [2] 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.
- [3] 王雷存,赵政阳,董利杰,等.红富士苹果密植树改形修剪效应的研究[J].西北林学院学报,2004,19(4):65-67.
- [4] 孔繁霞.红富士苹果郁闭园改造技术[J].河北果树,2012(6):13-14.
- [5] 张继祥,魏钦平,张静,等.苹果密植园与间伐园树冠层内叶片光合潜力比较[J].应用生态学报,2009,20(12):2898-2904.
- [6] 李宗德,杨聚德.间伐和树形改造对红富士苹果郁闭园产量和品质的影响[J].中国果树,2007(2):39-41.
- [7] 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.
- [8] 刘进,薛桂红,徐勤美.红富士苹果郁闭园树形改造的垂枝修剪试验[J].中国果树,2013(1):24-26.
- [9] 田海成.几种改形措施对密植红富士苹果园光合和生长结果的影响[D].杨陵:西北农林科技大学,2007.
- [10] 吴军帅,董晓颖,段艳欣,等.苹果郁闭园不同间伐方式对果树群体结构和果实品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(19):135-140.
- [11] 袁景军,赵政阳,万怡震,等.间伐改形对成龄密植红富士苹果园产量与品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(4):133-147.
- [12] 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.
- [13] 张微慧,张光伦.光质对果树形态建成及果实品质的生理生态效应[J].中国农学通报,2007,23(1):78-83.
- [14] 苏渤海,范崇辉,李国栋,等.红富士苹果改形过程中不同树形光照分布及其对产量品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(1):158-162.
- [15] 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.

(本文责编:陈珩)