

不同树形对黄冠梨果实品质和产量 及生产成本的影响

赵连鑫^{1,2}, 王鑫^{1,2}, 郭艳兰^{1,2}, 牟德生^{1,2}, 李强^{1,2}, 吴媛^{1,2}, 杨作奎^{1,2}, 李德福³

(1. 武威市林业科学研究院, 甘肃 武威 733000; 2. 武威市果树逆境生理与果实品质调控重点实验室, 甘肃 武威 733000; 3. 甘肃省武威康盛达生态农林科技服务有限公司, 甘肃 武威 733000)

摘要: 探究不同树形对黄冠梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Huangguan') 果实品质、产量及经济效益的影响, 为梨树科学栽培管理和产业升级提供理论支持。选取双臂顺行式棚架形、密植圆柱形和传统纺锤形等3种典型树形为研究对象, 测定不同树形下黄冠梨性状及生理生化指标, 并对建园、栽培管理成本进行统计分析。结果表明, 黄冠梨双臂顺行式棚架形栽培模式的单果重为341.51 g、果实纵径为82.36 mm、果实横径为84.66 mm、可溶性固形物为122.6 g/kg、蔗糖含量为19.09 mg/g FW、SPAD值为52.70, 均优于其他树形栽培模式, 且纯收入(61 778元/hm²)与收益率(61.53%)最高, 栽培管理成本最低, 为38 625元/hm², 但建园成本最高。综上, 双臂顺行式棚架形栽培模式可显著提高黄冠梨果实品质, 密植圆柱形栽培模式的产量最高, 从而增加了经济效益, 但需权衡高建园成本, 建议结合农户资金与技术条件推广应用。

关键词: 黄冠梨; 树形; 果实品质; 产量; 生产成本

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2026)04-0347-07

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2026.04.010

梨树是我国仅次于柑橘和苹果的第三大果树, 有着悠久的栽培历史。目前, 我国梨树的栽培面积、产量和出口量均居世界首位。截至2023年, 我国梨树栽植面积为95.62万hm², 产量为1 995.48万t, 占全球梨树栽培面积和产量的70.65%和76.34%^[1]。随着农业技术的进步和对果品质量要求的提高, 省力化栽培中的树形培养成为研究热点, 因其显著影响梨树果实品质和产量, 选择适宜的梨树树形, 对梨产业的发展和农民增收具有重要意义。目前, 梨树树形有100余种, 生产中常用的树形有10余种^[2-3]。根据我国梨树栽植模式树形结构和栽培目的不同, 可大致分为传统纺锤形、矮化密植圆柱形、棚架形、Y字形等类型^[4-9]。每种模式都有其独特的树形管理和空间利用方式, 影响着光照、通风以及作业效率等方面, 进而影响着梨树的生长发育、果实品质、产量及管理成本等。冉辛拓等^[10]分析研究了乔砧

老梨园高接换优后采用不同树形的情况, 发现其透光率、有效光辐射和叶片的净光合速率等发生了显著差异, 进而出现了果实品质和产量的差异。徐金涛等^[11]通过分析比较黄冠梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Huangguan') 不同树形下梨树生长及光能利用的情况, 也得出不同树形的产量、可溶性糖含量存在差异。王尚堃等^[12]在比较黄金梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Whangkeumbae') 3种不同树形的试验中, 发现树形对结果枝情况、枝类比、产量和品质有着重要的影响。同时, 不同树形栽培模式对果园的建园及管理成本存在差异。传统纺锤形栽培模式是最常见的一种方式, 其特点是树木自然生长, 中心干明显, 主枝细长且均匀分布在中心干上, 枝级复杂, 通常有4~5级, 形成类似纺锤的形状^[13]; 该树形栽培模式下树木较密集, 枝级结构层次多, 修剪水平要求高, 初期投资成本较低, 但随着树龄增长, 光照不足和管理不便的问

收稿日期: 2025-06-19; 修订日期: 2025-12-05

基金项目: 甘肃省科技计划项目科技特派员(基地)专项(22CX8NH218); 武威市科技计划项目(WW24B01NY046); 甘肃省重点研发计划项目(25YFNH002); 第三批陇原青年英才(省委人才小组发〔2024〕11号); 武威市级科技创新平台和科技创新型企业(2023ZS5006)。

作者简介: 赵连鑫(1987—), 男, 甘肃永登人, 高级工程师, 硕士, 主要从事经济林栽培与生理研究工作。Email: zlx.08.happy@163.com。

通信作者: 王鑫(1984—), 男, 甘肃武威人, 正高级工程师, 硕士, 主要从事梨树栽培与生理研究工作。Email: 18909352809@163.com。

题逐渐显现。密植圆柱形模式行距比株距大，行间通畅，树体矮小，冠幅较小，方便作业。因此，这种模式容易进行栽培管理，可以减少劳动力和资金的投入^[5]。棚架式栽培模式通常使用固定的棚架结构支撑梨树生长，形成规则的棚面。该模式有利于机械化作业和标准化生产，但建园初期投入较大，对地形和土壤条件有一定要求^[14]。张玉祥等^[15]比较了两种不同树形梨园的成本和效益后，发现密植省力化梨园比传统梨园每年可节省人工成本和生产成本。因此，种植之前选择适合的梨树非常重要，需要考虑多个因素，包括地理位置、气候条件、土壤特性、水资源状况以及市场需求等。此外，农户的资金能力、技术水平和管理能力也是选择不同树形的重要因素。同时，随着农村劳动力向城市转移和呈现老龄化趋势以及新型省力化栽培模式的应用和推广，我国引进了多种新的梨树树形栽培模式。然而，研究大多停留在不同树形对梨树生长、果实品质、产量的影响上，不同树形对梨果实品质、产量和生产效益影响的完整分析比较少。因此，现通过对比3种不同梨树形对梨树生长、果实品质、产量及建园栽培管理成本的影响，综合评价不同树形栽培模式，为黄冠梨科学栽培管理和产业升级提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点设在武威市凉州区发放镇东沟庙村、西营镇前兴村和武威市林业科学研究院综合试验站，属大陆性干旱气候，年日照时数为2 200~3 030 h，年平均温度7.8℃，无霜期约85~165 d，海拔1 445 m，年降水量165 mm，蒸发量2 020 mm，土壤类型以砾质砂壤土为主，有机质含量为6.2 g/kg，pH 7.8^[16]。

1.2 试验材料

供试材料为当地主栽品种10年生黄冠梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Huangguan')，选择树势、大小及挂果量基本一致的树体作为研究对象。

1.3 试验设计

试验共设3种典型树形栽培模式，分别为密植圆柱形、纺锤形和双臂顺行式棚架形。每种模式随机设置3个小区，1个小区5株梨树。双臂顺行

式棚架形调查地点位于凉州区发放镇东沟庙村，株行距4 m×3 m，栽植密度840株/hm²（2014年栽植，2016年开始结果，2021年重新定杆培养，改造为双臂顺行式棚架栽培模式梨园，改造后2022年进入初果期，少量结果，2024年为改形后第3年结果）；纺锤形调查地点位于凉州区西营镇前兴村，株行距4 m×3 m，栽植密度840株/hm²；密植圆柱形调查地点位于武威市林业科学研究院综合试验站，株行距1 m×4 m，栽植密度2 490株/hm²。栽培管理方式基本一致。果实成熟期采集不同树形栽培模式树冠外围中部大小、成熟度一致的黄冠梨果实10个，测定单果重、纵横径、果实硬度、可溶性固形物、可溶性糖、有机酸等指标。在7月中下旬（新梢停长后）选择不同树形栽培模式一年生枝中部大小基本一致的叶片，测定其SPAD值。对不同树形栽培模式进行建园成本和栽培管理成本调查分析。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 品质测定 单果重使用精度0.01 g的电子秤称量；果实纵横径用精度0.01 mm的游标卡尺测量；果实硬度用GY-4型水果硬度计测定；可溶性固形物用PAL-福数显糖度计测定。

果形指数=果实纵径 / 果实横径

1.4.2 SPAD值测定 不同栽培模式选取20个叶片，用手持式叶绿素测定仪（浙江托普仪器有限公司TYS-A）测量SPAD值，测量位置均在叶片中部，不覆盖主叶脉。

1.4.3 可溶性糖含量测定 用高效液相色谱仪测定可溶性糖（葡萄糖、果糖、蔗糖）含量^[17]，液相色谱仪为安捷伦1260型，色谱条件：氨基色谱柱柱长250 mm、内径4.6 mm、膜厚5 μm或具有同等性能的色谱柱，流动相（乙腈与水的体积比为7:3）；柱温：40℃；进样量：20 μL；示差折光检测器条件：温度40℃；流动相流速：1.0 mL/min。

1.4.4 有机酸含量测定 用高效液相色谱仪测定有机酸（苹果酸、柠檬酸）含量^[18]，色谱条件：CAPECELL PAK MG S5 C18柱，4.6 mm×250.0 mm，或者同等性能色谱柱；流动相：用1 g/kg磷酸溶液与甲醇的体积比为97.5:2.5；柱温：40℃；进样量：20 μL；检测波长：210 nm；流动

相流速: 1.0 mL/min。

1.4.5 建园成本计算 建园成本为设施成本与苗木栽植成本之和。设施成本包括镀锌钢管、镀锌钢丝及其建设的人工费用等, 苗木栽植成本主要是苗木费及栽植人工费。

1.4.6 栽培管理成本计算 栽培管理成本为土壤管理成本、水肥管理成本、整形修剪成本、疏花疏果成本、果实套袋成本、病虫害防治成本和采收成本之和; 土壤管理成本主要是旋耕和枯枝落叶清理费; 水肥管理成本主要是水费、肥料费及所需人工费; 整形修剪、疏花疏果成本主要是人工费; 果实套袋成本主要是果袋费和人工费; 病虫害防治成本主要是农药费和人工费; 采收成本主要是人工费。

1.5 数据分析

采用Excel 2007、SPSS 23.0软件进行相关指标数据的平均值、偏差和显著性计算和分析。

2 结果与分析

2.1 不同树形栽培模式对果实常规品质的影响

由表1可知, 单果重以双臂顺行式棚架形最重, 为341.51 g, 显著高于纺锤形、密植圆柱形20.03%、29.57%, 纺锤形和密植圆柱形梨单果重之间差异不显著。果实纵径以双臂顺行式棚架形最大, 为82.36 mm, 较密植圆柱形高6.37%, 且显著高于纺锤形6.11%, 纺锤形和密植圆柱形梨纵径之间差异不显著。果实横径以双臂顺行式棚架形梨横径最大, 为84.66 mm, 3种树形栽培模式梨果实横径间差异均不显著。果形指数从高到低依次为密植圆柱形(1.00)、双臂顺行式棚架形(0.97)、纺锤形(0.96), 3种树形栽培模式梨果实果形指数间均无显著差异。果实硬度以密植圆柱形最低, 为3.60 kg/cm², 较双臂顺行式棚架形、纺锤形显著降低30.10%、34.55%, 双臂顺行式棚架形和

纺锤形梨之间差异不显著。可溶性固形物含量以双臂顺行式棚架形梨最高, 为122.6 g/kg, 显著高于纺锤形、密植圆柱形13.41%、10.15%, 纺锤形和密植圆柱形梨果实可溶性固形物含量无显著差异。

2.2 不同树形栽培模式对果实可溶性糖含量的影响

从表2可以看出, 果糖含量以纺锤形最高, 为34.81 mg/g FW, 3种树形果实中果糖含量无显著差异。葡萄糖含量以纺锤形最高, 为26.02 mg/g FW, 3种树形果实中葡萄糖含量无显著差异。蔗糖含量从高到低依次为双臂顺行式棚架形、密植圆柱形、纺锤形, 其中双臂顺行式棚架形为19.09 mg/g FW, 分别显著高于密植圆柱形、纺锤形40.06%、468.15%, 密植圆柱形显著高于纺锤形305.65%, 三者差异显著。

表2 不同树形的果实可溶性糖含量 mg/g FW

树形	果糖	葡萄糖	蔗糖
双臂顺行式棚架形	29.50±9.29 a	24.34±10.10 a	19.09±1.01 a
纺锤形	34.81±7.47 a	26.02± 6.78 a	3.36±0.34 c
密植圆柱形	28.75±1.35 a	24.62± 8.47 a	13.63±3.72 b

2.3 不同树形栽培模式对果实有机酸含量的影响

由表3可知, 苹果酸含量和柠檬酸含量均以双臂顺行式棚架形最低, 分别为0.22、0.54 mg/g FW; 纺锤形最高, 分别为0.26、0.81 mg/g FW。3种树形果实中苹果酸含量和柠檬酸含量均无显著差异。

表3 不同树形的果实有机酸含量 mg/g FW

树形	苹果酸	柠檬酸
双臂顺行式棚架形	0.22±0.20 a	0.54±0.13 a
纺锤形	0.26±0.15 a	0.81±0.18 a
密植圆柱形	0.25±0.11 a	0.74±0.07 a

表1 不同树形的果实常规品质^①

树形	单果重 /g	果实纵径 /mm	果实横径 /mm	果形指数	果实硬度 / (kg/cm ²)	可溶性固形物 / (g/kg)
双臂顺行式棚架形	341.51±23.60 a	82.36±2.12 a	84.66±2.64 a	0.97±0.01 a	5.15±0.17 a	122.6±0.06 a
纺锤形	284.53±22.83 b	77.43±2.38 b	81.27±6.26 a	0.96±0.05 a	5.50±0.42 a	108.1±0.30 b
密植圆柱形	263.57±19.07 b	77.62±2.40 ab	77.78±5.43 a	1.00±0.10 a	3.60±0.40 b	111.3±0.38 b

①不同字母为显著性差异 ($P < 0.05$)。下同。

2.4 不同树形栽培模式对果实产量的影响

由图1可知，果实产量以密植圆柱形最高，为39 535.0 kg/hm²，分别显著高于纺锤形、双臂顺行式棚架形2.92%、10.25%；其次是纺锤形，为38 412.0 kg/hm²，显著高于双臂顺行式棚架形7.12%；双臂顺行式棚架形最低，为35 858.2 kg/hm²。3种树形栽培模式间果实产量差异显著。

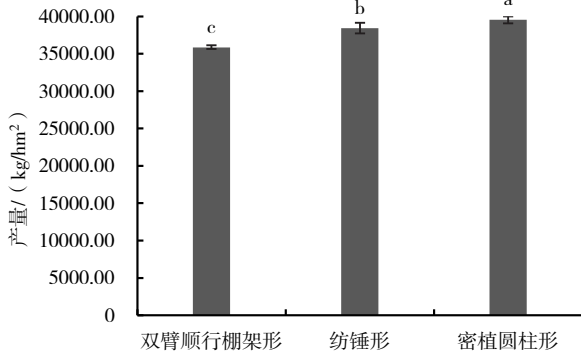


图1 不同树形的果实产量

2.5 不同树形栽培模式对SPAD值的影响

由图2可知，双臂顺行式棚架形、密植圆柱形、纺锤形的SPAD值分别为52.70、50.54、47.63，双臂顺行式棚架形梨叶片中的SPAD值显著高于纺锤形10.64%，高于密植圆柱形4.27%。

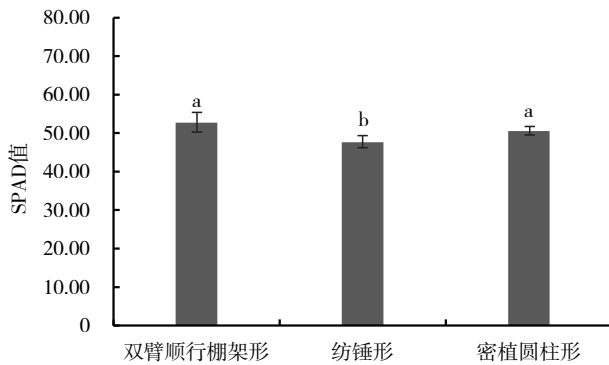


图2 不同树形在栽培时叶片SPAD值

2.6 不同树形栽培模式的收益

2.6.1 建园成本 由表4可知，双臂顺行式棚架形、密植圆柱形、纺锤形的建园成本分别为49 860、39 435、5 880元/hm²。其中双臂顺行式棚架形梨建园成本最高，其主要用于设施成本，占全部建园成本的91.16%；纺锤形梨建园成本最低，其主要用于苗木栽植成本，占全部建园成本的100%；密植圆柱形梨中设施成本和苗木栽植成本各占建园成本55.53%、44.47%。

2.6.2 栽培管理成本 栽培管理成本主要包括土壤管理、水肥管理、整形修剪、疏花疏果、果实套袋、病虫害防治等成本。由表4还可知，纺锤形、密植圆柱形、双臂顺行式棚架形的栽培管理成本分别为56 625、50 400、38 625元/hm²。其中纺锤形梨栽培管理成本最高，双臂顺行式棚架形梨栽培管理成本最低。

2.6.3 收益 为明确3种栽培模式收益情况，调查统计了3种树形栽培模式的总收入、纯收入及收益率。由表5可知，密植圆柱形、纺锤形、双臂顺行式棚架形的总收入分别为110 698、107 554、100 403元/hm²，密植圆柱形的总收入最高，双臂顺行式棚架形最低。双臂顺行式棚架形、密植圆柱形、纺锤形的纯收入分别为61 778、60 298、50 929元/hm²，收益率分别为61.53%、54.47%、47.35%，双臂顺行式棚架形的纯收入和收益率均最高，纺锤形的纯收入和收益率均最低。

3 讨论与结论

果实品质和产量是影响果树产业经济效益的关键，是果树栽植和整形的最终目标^[19]。然而，不同树形的枝条数量、枝类组成、空间分布及枝叶的密闭程度存在很大的差异，影响树体的光合作用和果园的通风、温湿度等因子，进而影响果

表4 不同树形的栽培管理成本^① 元/hm²

树形	建园成本		栽培管理成本						
	设施	苗木栽植	土壤管理	水肥管理	整形修剪	疏花疏果	果实套袋	病虫害防治	采收
双臂顺行式棚架形	45 450	4 410	3 450	15 150	1 125	1 950	10 800	3 000	3 150
纺锤形	0	5 880	3 750	16 950	3 375	5 850	17 100	4 200	5 400
密植圆柱形	21 900	17 535	3 450	15 150	2 250	3 900	15 750	3 900	6 000

①栽培管理成本中土壤管理成本包括旋耕2 250元/hm²和枯枝落叶清理（双臂顺行式棚架形1 200元/hm²，纺锤形1 500元/hm²，密植圆柱形1 200元/hm²）。水肥管理成本包括水费1 500元/hm²，基肥6 000元/hm²，基肥人工（双臂顺行式棚架形3 600元/hm²，纺锤形5 400元/hm²，密植圆柱形3 600元/hm²），追肥1 500元/hm²，追肥人工1 800元/hm²，浇水人工750元/hm²。

表5 不同树形的收益情况^①

树形	产量 / (kg/hm ²)	产值 / (元/hm ²)	纯收入 / (元/hm ²)	收益率 / %
双臂顺行式棚架形	35 858.2	100 403	61 778	61.53%
纺锤形	38 412.0	107 554	50 929	47.35%
密植圆柱形	39 535.0	110 698	60 298	54.47%

①梨单价为2.8元/kg; 纯收入=总收入-栽培管理成本。

实品质和产量^[20-23]。前人在砀山酥梨、玉露香、黄金梨、早金酥等梨品种上研究了不同树形对梨品种冠层结构、光合特性及产量品质的影响^[12, 24-26]。本研究中, 双臂顺行式棚架形梨的单果重、可溶性固形物含量均显著高于其他两种树形, 这与赵瑾^[22]在鲜黄梨中平棚架果实单果重、可溶性固形物等高于疏散分层形的研究结果一致, 与蔡少帅^[23]在翠冠梨不同树形产量和品质的研究结果也较为一致, 与王晓玥等^[27]在顺行平棚架对葡萄栽培性状和果实品质的影响的研究结果一致。这可能是该树形无中心主干, 削弱了顶端优势, 枝组水平分布, 减少营养消耗, 光合效率更高, 养分更多向果实转运, 从而提升果实品质。

可溶性糖与有机酸含量是果实品质重要指标, 其中可溶性糖是可溶性固形物的重要组成部分^[28]。本研究显示, 3种树形黄冠梨的果糖、葡萄糖含量均无显著差异, 表明树形对其影响较小; 而蔗糖含量在双臂顺行式棚架形、密植圆柱形、纺锤形间差异显著, 说明树形会影响果实蔗糖积累。蔗糖是高等植物主要光合产物及碳水化合物贮藏、运输形式, 果实糖代谢为风味物质合成提供原料, 是影响品质的关键^[29]。本研究中, 3种树形果实蔗糖含量与可溶性固形物含量变化趋势一致, 双臂顺行式棚架形果实蔗糖含量显著提高, 推测可溶性固形物差异主要由蔗糖含量变化引起。有机酸方面, 3种树形黄冠梨的柠檬酸、苹果酸含量无显著差异, 表明树形对其影响较小。叶绿素是决定植物光合能力的关键物质^[30-31], 黄永敬等^[32]研究表明, 在柑橘品种叶片光合特性比较研究中, 叶绿素含量与净光合速率呈正相关关系。本研究中, 双臂顺行式棚架形与密植圆柱形梨叶片SPAD值显著高于纺锤形, 光合能力更强; 且SPAD值与蔗糖、可溶性固形物含量变化一致,

进一步证实双臂顺行式棚架形叶片光合能力最高。本研究表明, 密植圆柱形、纺锤形、双臂顺行式棚架形3种树形产量不同, 且三者间产量存在显著差异, 这与姜晓艳等^[26]和蔡少帅^[23]的研究结果一致。果实产量由栽植品种、栽植密度、单株结果数量、单果重等要素构成, 与栽培技术水平、土壤肥力及病虫害等密切相关。密植圆柱形树栽培模式栽培密度大, 早期丰产效果明显, 成果期丰产的潜力较大, 如不加以控制, 产量可达75 000 kg/hm²以上^[5], 纺锤形进入盛果期的时间比密植圆柱形晚, 盛果期产量略低于密植圆柱形, 双臂顺行式棚架形盛果期产量相对较低。果实产量和品质的关系研究表明, 留果量过大, 产量会增加, 但果实品质会下降。因此, 需将梨果产量控制在合理范围内, 在保证果实品质优良的前提下实现产量提升, 才能获得更高的经济效益。

为明确3种树形的投入产出, 本研究分析了其建园成本与栽培管理成本。建园成本仅统计设施与苗木栽植费用, 双臂顺行式棚架形设施投入最高, 达49 860元/hm², 密植圆柱形次之, 纺锤形最低, 与张玉祥等^[15]研究结果基本一致。不同树形的栽培管理成本结果显示, 土壤水肥管理以纺锤形最高; 整形修剪与花果管理、病虫害防治均为双臂顺行式棚架形最低, 纺锤形最高, 原因是棚架与圆柱形更利于机械及无人机作业, 纺锤形操作不便。收益上, 密植圆柱形总收入最高, 但纯收入与收益率均以双臂顺行式棚架形最优, 纺锤形最低。综合而言, 双臂顺行式棚架形栽培管理成本低、收益高, 是较优栽培模式, 实际选择需结合投入、经营策略与风险承受能力。

通过对比分析3种不同树形果实品质、产量及建园栽培管理成本的差异可以得出, 双臂顺行式棚架形梨单果重(341.51 g)、可溶性固形物含量

(122.6 g/kg)、果实纵径 (82.36 mm)、果实横径 (84.66 mm)、蔗糖含量 (19.09 mg/g FW)、SPAD 值 (52.70)、纯收入 (61 778 元/hm²) 和收益率 (61.53%) 均最高, 栽培管理成本 (38 625 元/hm²) 最低, 是3种树形中果实品质的最佳栽培模式。果实产量由高到低依次为圆柱形、纺锤形和双臂顺行式棚架形, 分别为 39 535.00、38 412.00、35 858.20 kg/hm²。密植圆柱形的产量最高, 纯收入较高 (60 298 元/hm²), 但栽培管理成本较高 (50 400 元/hm²)。通过对比分析认为, 双臂顺行式棚架形是提高黄冠梨果实品质和收益率最好的栽植模式, 但存在着建园成本高的问题。基于此, 本研究建议双臂顺行式棚架形可作为当前梨树栽培新型模式, 但同时应综合考虑成本投入以及农户自身的经营策略和风险承受能力, 建议结合农户资金与技术条件推广应用; 应加大对双臂顺行式棚架形栽培模式的宣传和技术培训力度, 帮助梨农掌握先进的管理技术, 从而提高梨果实品质和产量, 增强我国梨产业的国际竞争力。

参考文献:

- [1] 谢文歌. 氮肥减量配施有机肥对库尔勒香梨园土壤氮素利用及真菌群落的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2025.
- [2] 李国栋, 张军科, 苏渤海, 等. 富士苹果3种树形的树冠生态因子比较研究[J]. 西北林学院学报, 2008 (1): 121-125.
- [3] 赵明新. 西北干旱区梨树轻简化树形生态适应性及生产性能评价研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2024.
- [4] 杨馥霞, 乔进春, 张玉星, 等. 密植圆柱形梨盛果期树相指标及光照特性分析[J]. 河北农业大学学报, 2013, 36(3): 39-44.
- [5] 王越男. 密植梨树成形技术研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020.
- [6] 王鑫, 赵连鑫, 郭艳兰, 等. 47个梨树品种生长特性及圆柱形树形培养分析与评价[J]. 寒旱农业科学, 2025, 4(3): 259-265.
- [7] 伍涛, 秦仲麒, 杨立, 等. 梨树“双臂顺行式”棚架栽培关键技术[J]. 南方园艺, 2019, 30(6): 27-28.
- [8] 赵之峰, 乔培瀛, 赵春磊, 等. 黄金梨“Y”字形架栽培技术[J]. 经济林研究, 2004(3): 89-91.
- [9] 刘军, 李亮, 赵红芸. 玉露香梨Y型架栽植及综合管理技术[J]. 山西果树, 2018(6): 47-48.
- [10] 冉辛拓, 宋海舟, 高志货, 等. 梨不同树形对光效能及产量品质的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39 (5): 957-962.
- [11] 徐金涛, 赵会英, 李永红, 等. 整形方式对黄冠梨幼树生长及光能利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(4): 85-90.
- [12] 王尚堃, 高志明. 黄金梨3种不同树形栽培对比试验[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 207-209.
- [13] 李先明, 秦仲麒, 涂俊凡, 等. 西北地区梨主要树形冠层结构调查分析[J]. 中国南方果树, 2018, 47 (S1): 67-71.
- [14] 伍涛, 秦仲麒, 聂显双, 等. “双臂顺行式”梨园棚架搭建技术[J]. 南方园艺, 2021, 32(6): 44-46.
- [15] 张玉祥, 魏树伟, 祝志华, 等. 不同栽培模式梨园的成本和效益分析[J]. 落叶果树, 2020, 52(3): 15-17.
- [16] 赵连鑫, 王鑫, 李强, 等. 施氮量对密植壶瓶枣生长及果实品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(6): 573-578.
- [17] 中华人民共和国国家卫生与计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定: GB 5009.8—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国国家卫生与计划生育委员会. 食品中有机酸的测定: GB 5009.157—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 赵明新, 张江红, 孙文泰, 等. 不同树形冠层结构对‘早酥’梨产量和品质的影响[J]. 果树学报. 2016, 33(9): 1076-1083.
- [20] 高梅秀, 刘沛镇, 任建新. 桃树不同树形的光照分布与果实产量及品质的关系[J]. 中国果树, 1992 (4): 10-13.
- [21] 江莉, 陈清西, 陈婷, 等. 树形改造对‘巨峰’葡萄叶片光合特性和果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(17): 16-22.
- [22] 赵瑾. 鲜黄梨3种不同树形树冠结构特征与光照分布的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [23] 蔡少帅. 翠冠梨6种树形冠层特征及其与产量和品质的关系[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [24] 刘珊珊, 令狐田, 赵志霞, 等. 不同树形对砭山酥梨冠层结构、光合特性及果实品质的影响[J]. 果树资源学报, 2022, 3(5): 41-49.
- [25] 韩芊芊. “玉露香”梨高光效树形的光合特性与果实品质的研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2016.

- [26] 姜晓艳, 李俊才, 王家珍, 等. 不同树形对早金酥梨光合特性、树体生长及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(3): 163-166.
- [27] 王晓玥, 张国军, 任建成, 等. 顺行平棚架对‘瑞都红玉’葡萄栽培性状和果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2023(1): 46-51.
- [28] 刘 燕. 4种树形对‘爱甘水’果实糖积累与蔗糖代谢相关酶活性的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [29] 杨 明, 刘丽娟, 李莉云, 等. 甜高粱蔗糖合酶表达与蔗糖积累的相关分析[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 185-189.
- [30] 高小丽, 孙健敏, 高金锋, 等. 不同基因型绿豆叶片光合性能研究[J]. 作物学报, 2007, 33(7): 1154-1161.
- [31] KRAUSE G H, WEIS E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics[J]. Annual Review of Plant Biology, 1991, 42(1): 313-349.
- [32] 黄永敬, 唐小浪, 马培恰, 等. 几个柑橘品种叶片光合特性比较研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 132-135.

Effects of Different Tree Shapes on the Quality, Yield and Production Cost of Huangguan Pear Fruits

ZHAO Lianxin^{1,2}, WANG Xin^{1,2}, GUO Yanlan^{1,2}, MU Desheng^{1,2}, LI Qiang^{1,2}, WU Yuan^{1,2},
YANG Zuokui^{1,2}, LI Defu³

(1. Wuwei Academy of Forestry Science, Wuwei Gansu 733000, China; 2. Wuwei Key Laboratory of Fruit Tree Adversity Physiology and Fruit Quality Regulation, Wuwei Gansu 733000, China; 3. Gansu Wuwei Kangshengda Ecological Agriculture and Forestry Science and Technology Service Co., Ltd., Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: To investigate the effects of different tree shapes on the fruit quality, yield, and economic benefits of *Pyrus pyrifolia* 'Huangguan' so as to provide theoretical support for the scientific cultivation and management of pear trees and industrial upgrading, this study selected 3 typical tree shapes, namely double-arm parallel trellis system, high-density cylindrical, and spindle systems, as the research objects. Fruit traits and physiological and biochemical indices of Huangguan pear under different systems were determined, and the costs of orchard establishment and cultivation management were statistically analyzed. Results showed that under the double-arm parallel trellis system of Huangguan pears, the single fruit weight (341.51 g), fruit longitudinal diameter (82.36 mm), fruit transverse diameter (84.66 mm), soluble solids (122.6 g/kg), sucrose content (19.09 mg/g FW), and chlorophyll SPAD value (52.70) were all significantly better than those of other systems. In addition, this system achieved the highest net income, at 61 778 Yuan/ha, and the highest rate of return, at 61.53%, while showing the lowest cultivation and management cost, at 38 625 Yuan/ha, however, its orchard establishment cost was the highest. In summary, the double-arm parallel trellis system can significantly improve the fruit quality of Huangguan pears, whereas the high-density cylindrical system produces the highest yield, thereby increasing economic benefits. Nevertheless, the high orchard establishment cost should be carefully weighed, and its promotion and application are recommended in accordance with farmers' financial and technical conditions.

Key words: Huangguan pear; Tree shape; Fruit quality; Yield; Production cost