西北林学院学报 2018,33(3):111-116
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.03.17

拉枝角度对库尔勒香梨枝叶生长及果实品质的影响

位　杰[1],蒋　媛[1*],马建江[1],石　蕾[2]

(1.新疆生产建设兵团 第二师农业科学研究所,新疆 铁门关 841005;2.新疆生产建设兵团 第二师农业技术推广站,新疆 铁门关 841005)

摘　要:探讨省力密植栽培模式下库尔勒香梨枝条适宜的拉技角度,研究不同拉技角度(60°～75°、75°～90°、90°～105°、105°～120°)对香梨叶片营养物质含量、枝类特性和果实品质的影响。结果表明,不同拉枝角度处理均使叶片单叶鲜重、单叶干重、单叶面积和单叶厚度增加,60°～105°的拉枝处理使叶片叶绿素总量显著增加,拉枝75°～90°时,叶片氮素营养和钾素营养含量最高。不同拉枝角度处理均使香梨树的长果枝比例减小,中、短果枝比例增加,拉枝角度为75°～90°时,枝条抽生中、短果枝的比例高于其他处理。拉枝角度为75°～90°时,果实硬度、可溶性糖、可滴定酸、糖酸比、蛋白质、维生素C和石细胞含量等指标要优于其他处理,且果实单果质量最大。综合分析认为,库尔勒香梨省力密植栽培模式下树体适宜的拉枝角度为75°～90°。

关键词:库尔勒香梨;省力密植;拉枝角度;果实品质

中图分类号:S661.2　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-7461(2018)03-0111-06

Effects of Branch Bending Angle on the Branch and Leaf Growth and Fruit Quality of Korla Fragrant Pear

WEI Jie[1],JIANG Yuan[1*],MA Jian-jiang[1],SHI Lei[2]

(1.*Agricultural Scientific Institute of 2nd Division of Xinjiang Production and Construction Corps,Tiemenguan,Xinjang* 841005,*China*;2.*Agricultural Technology Extension Station of 2nd Division of Xinjiang Production and Construction Corps,Tiemenguan,Xinjiang* 841005,*China*)

Abstract:In order to select the suitable angles of branch bending for labor-saving and high-density cultivation of Korla fragrant pear tree,different bending angles were set up: 60°—75°,75°—90°,90°—105°,105°—120° to study its effects on the leaf nutrients,branch characters and fruit quality. The results showed that the branch bending could improve single leaf fresh weight,dry weight,area,and thickness. The chlorophyll content significantly increased when the branch angles were 60°—105°. Leaf potassium and nitrogen contents were the highest when the branch angles were 75°—90°. The ratio of long branches decreased and the ratios of middle and short branch increased after bending. The ratios of middle and short branches were higher than those of other angles when the bending angles were 75°—90°. When the angles were 75°—90°,the fruit firmness,soluble sugars content,titratable acidity content,protein content,sugar-acid ratio,vitamin C content and stone cell content were superior to other treatments,and the single fruit weight was the highest. Comprehensively considering the above indexes,the preferable branch bending angles for the pear were 75°—90° under dense system.

Key words:Korla fragrant pear; saving-labor and high-density; branch bending angle; fruit quality

库尔勒香梨(以下简称香梨)属于蔷薇科(Rosaceae)梨亚科(Pomoideae)梨属(*Pyrus*)植物,是新疆

收稿日期:2017-08-22　**修回日期**:2017-11-02

基金项目:"十二五"农村领域国家科技计划项目(2013BAD02B00);新疆生产建设兵团科技支疆计划项目(2014AB003);河北省科技支撑计划项目(12246803D)。

作者简介:位　杰,男,硕士,助理研究员,研究方向:果树栽培生理生态与遗传育种。E-mail:627weijie@sina.com

* **通信作者**:蒋　媛,女,硕士,助理研究员,研究方向:果树栽培生理生态与遗传育种。E-mail:360315184@qq.com

梨(*Pyrus sinkiangensis*)系统中最具代表性的“名、优、特”优良品种,具有悠久的栽培历史和鲜明的地域特色。香梨以皮薄肉细、酥脆多汁、香味浓郁、耐贮藏等特点享誉国内外市场。目前新疆全区香梨种植面积已达 5.8 万 hm^2,其规模效益和特色优势效益日益显著,已成为新疆主要栽培和农业增效、果农增收及出口创汇的大宗果品之一[1-2]。近年来,随着生产成本和劳动力成本的快速上涨,传统栽培模式的树冠大、管理费工等问题日益凸显,省力化密植栽培模式已然成为全区香梨产业发展的方向,也是发展现代果业、提高果园效益、促进生态环保、解决果园后续经营问题的重要途径。

树体早期整形技术是香梨省力化密植栽培实现简约生产、节本增效的基础,刻芽、开角、扭梢、拉枝是香梨省力化密植栽培幼树整形的关键。目前关于拉枝角度对果树生长发育的影响已有一些报道,马童慧[3]对甜柿的研究表明,在萌芽期拉枝角度 90°和盛花期拉枝角度 70°最有利于提高叶片蛋白质含量,叶片生长最为旺盛;李宏建[4]等探讨了寒富苹果主枝适宜的拉枝角度,认为以 110°为宜;徐贵轩[5]等认为望山红苹果拉枝 120°时单叶鲜重、单叶干重、叶绿素含量、果实硬度、可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸含量优于其他处理;杜荣[6]等对嘎啦苹果小主枝拉枝角度的研究表明,嘎啦苹果细长纺锤形小主枝的最适宜拉枝角度为 90°～100°;不同拉枝角度对富士[7-9]、乔纳金[10]果实品质影响的研究认为最适宜的拉枝角度为 110°;廖立安[11]等对翠冠梨进行拉枝试验表明,拉枝能促进梨树侧枝生长和树冠形成,有利于提高产量;对翠冠梨拉枝处理的研究表明,90°拉枝处理能够大幅度提高翠冠梨的成花率[12];吴鲜亮[13]等研究了拉枝对苹果梨幼树生长发育的影响,认为苹果梨拉枝枝角为 80°左右能做到生长结果两不误。但不同树种、品种对拉枝角度的响应不尽相同,而不同拉枝角度对省力密植栽培模式下香梨枝、叶生长和果实品质影响的研究还鲜见报道。本研究通过对省力密植栽培模式下不同拉枝角度对香梨叶片营养、枝条枝类组成和果实品质的影响进行比较研究,旨在确定省力密植栽培模式下香梨树最适宜的拉枝角度,为香梨变革传统栽培模式后幼树的整形和栽培技术推广以及优质生产提供理论参考和指导依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验在新疆生产建设兵团第二师铁门关市农科所 29 团香梨省力密植示范园进行。2012 年春季建园,果园地势平坦,园相整齐,土肥水管理一致。当年定植砧木杜梨,2013 年春季嫁接,2014 年春季芽萌动前刻芽,新梢长至 30～35 cm 时进行拉枝处理,当年形成花芽。

果园以香梨为主栽品种,砀山梨为授粉树,树形采用细长纺锤形,株行距为 1 m×4 m,树体生长良好,长势一致。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2014 年 5 月新梢长至半木质化时进行拉枝处理。选择生长势均匀一致的香梨树 25 株,在每株树的同一方位和高度选择基部粗细均匀相当的枝条作为一个小区,进行不同角度的拉枝处理,每株树选取 10 个枝条。拉枝角度分别为 60°～75°(T_1)、75°～90°(T_2)、90°～105°(T_3)、105°～120°(T_4),以自然生长的香梨树为对照(CK),每个处理 5 棵树,每株树均为 1 次重复,每个处理 50 个枝条。

1.2.2 叶片理化指标测定 2016 年 9 月,在秋季新梢停止生长后,随机采取各处理枝条上基部粗度、长度基本相同的新梢中部的完整无损叶片,每个处理取 100 片叶片,装入塑料袋带回实验室,测定叶片鲜重、叶片厚度、叶面积和叶绿素含量;然后用蒸馏水冲洗 3 次,于 105℃烘箱中杀青 15 min,再于 80℃烘箱烘 24 h 至恒重,测定叶片的单叶干重和营养物质含量,N、P、K 含量分别采用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度计法测定;以上理化指标各重复 3 次。

叶片鲜重与干重采用千分之一天平称重;叶片厚度以 30 片叶片为 1 组,用游标卡尺测定,再计算出单叶厚度;叶面积采用叶面积仪测定;叶绿素含量采用乙醇－丙酮混合液法测定[14]。

1.2.3 枝条枝类组成的调查 调查统计不同拉枝处理后长果枝(长度＞15 cm)、中果枝(长度 5～15 cm)、短果枝(长度＜5 cm)数量,计算出占总枝数的比例。

1.2.4 果实品质指标测定 在果实成熟期,每个处理按东、南、西、北 4 个方位随机采取树冠中上部的果实 20 个,组成混合样品,带回实验室进行相关指标的测定。

单果重采用千分之一天平称重;用游标卡尺测定果实纵径、横径,计算果形指数(果形指数＝纵径/横径);果肉硬度用 GY-1 型硬度计测定[15];可溶性固形物采用手持折射仪测定;用游标卡尺测量果心横径,计算心果比(心果比＝果心横径/果实横径);可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法[16];可滴定酸含量的测定采用酸碱中和滴定法[17];蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定;维生素 C 含量的测定

采用钼蓝比色法[14];石细胞含量采用冷冻法测定[18];糖酸比以可溶性糖含量和可滴定酸含量的比值表示。重复 3 次,取平均值。

1.3　数据处理及分析

采用 Excel2007 软件处理数据及制作图表,DPS v7.05数据处理系统进行方差分析,运用 Duncan's 新复极差法进行多重比较,数据以平均值±标准差表示。

2　结果与分析

2.1　不同拉枝处理对香梨叶片质量和营养物质含量的影响

2.1.1　对香梨叶片质量的影响　从表 1 可以看出,香梨叶片的单叶鲜重和单叶干重随着拉枝角度的增大呈增加的趋势,在 T_3 处理时达到最大值,随后下降,而且不同拉枝角度处理间的差异不同。单叶鲜重除处理 T_1 与 CK 无显著差异外,其余各处理的单叶鲜重均显著高于对照。单叶干重各处理与 CK 均存在显著差异,各处理之间也存在着显著的差异。叶面积随着拉枝角度的增大总体上呈逐渐增大的趋势,在处理 T_4 时达到最大值,各处理和 CK 均存在显著差异。叶片厚度随着拉枝角度的增大而增大,在处理 T_3 时值最大,随后又减小,各处理与对照均存在显著差异。

2.1.2　对香梨叶片色素含量的影响　从表 2 可以看出,香梨叶片的叶绿素 a 含量呈先增加后下降的趋势,叶绿素 a 含量在 T_2 处理时达到最大值,随后下降,各处理之间均有显著差异。处理 T_1、T_2 的叶绿素 a 含量显著>CK,处理 T_3、T_4 的叶绿素 a 含量显著<CK。叶绿素 b 含量和总叶绿素含量随着拉枝角度的增大呈增加的趋势,叶绿素 b 含量在 T_3 处理时达到最大值,随后下降,除处理 T_1 的叶绿素 b 含量与 CK 无显著差异外,其余处理的叶绿素 b 含量均显著>CK。总叶绿素含量在 T_2 处理时达到最大值,随后下降,除处理 T_4 的总叶绿素含量与 CK 无显著差异外,其余处理的总叶绿素含量与 CK 均有显著差异,各处理之间也存在着显著差异。

表 1　不同拉枝处理对香梨叶片质量的影响

Table 1　Effects of branch bending treatment on leaf quality of Korla fragrant pear

处理	叶片鲜重/g	叶片干重/g	叶面积/cm^2	叶片厚度/mm
CK	1.130 6±0.042 2d	0.633 5±0.017 2e	46.38±0.57d	0.273 8±0.002 8d
T_1	1.242 0±0.058 5cd	0.663 7±0.013 3d	53.75±1.54c	0.281 8±0.003 4c
T_2	1.326 8±0.018 6bc	0.689 4±0.013 7c	59.45±0.53b	0.289 8±0.002 3b
T_3	1.545 9±0.139 0a	0.766 7±0.006 0a	58.51±1.85b	0.305 2±0.007 6a
T_4	1.425 2±0.085 2ab	0.733 4±0.015 0b	64.04±1.35a	0.292 0±0.002 7b

注:小写字母表示差异达显著水平。下同。

表 2　不同拉枝处理对香梨叶片色素含量的影响

Table 2　Effects of branch bending treatment on the pigment content of Korla fragrant pear leaves　　$mg \cdot g^{-1}$

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	叶绿素 a/b	类胡萝卜素
CK	1.855 9±0.001 4c	0.540 6±0.008 1c	2.396 5±0.006 7d	3.433 4±0.054 4a	0.686 0±0.007 1a
T_1	1.900 4±0.016 7b	0.559 1±0.008 2c	2.459 5±0.012 1c	3.400 0±0.074 4a	0.683 2±0.009 2a
T_2	1.961 0±0.034 0a	0.633 2±0.010 6b	2.594 1±0.038 2a	3.097 5±0.064 4b	0.681 4±0.007 3a
T_3	1.795 0±0.032 6d	0.730 1±0.027 5a	2.525 0±0.022 0b	2.461 8±0.130 9d	0.676 0±0.048 5a
T_4	1.742 3±0.019 6e	0.643 1±0.006 0b	2.385 4±0.014 1d	2.709 6±0.055 3c	0.657 4±0.051 3a

随着拉枝角度的增大,香梨叶片叶绿素 a/b 呈逐渐下降的趋势,在 T_3 处理时降低到最小值,随后又增加,不同拉枝角度处理间的差异不同。除处理 T_1 与 CK 无显著差异外,其余各处理的叶片叶绿素 a/b 均显著<对照,各处理之间的差异也达到了显著水平。香梨叶片类胡萝卜素含量随着拉枝角度的增大呈逐渐下降的趋势,但不同处理与 CK 之间无显著差异,表明不同拉枝角度处理对香梨叶片类胡萝卜素含量的影响不大。

2.1.3　对香梨叶片营养物质含量的影响　由表 3 可知,随着拉枝角度的增大,叶片中的氮素营养含量呈先升高后下降的趋势,T_2 处理时达到最大值,与对照差异显著,T_3、T_4 处理使叶片中的氮素营养含量下降,但与对照并不显著。拉枝角度过小时,叶片中的磷素营养含量与对照无显著差异,随着拉枝角度的继续增大,叶片中的磷素营养含量出现不同程度的下降,T_4 处理时最小。叶片中的钾素营养含量随着拉枝角度的增大呈先升高后下降的趋势,T_2 处理时达到最大值,之后随着拉枝角度的增大,其含量逐渐下降,但其含量仍高于对照。

2.2　不同拉枝处理对香梨枝类组成的影响

由表 4 可知,不同拉枝处理对香梨枝条类型的

组成存在差异，拉枝角度不同，香梨树抽生枝条的枝类组成也不同。拉枝处理后，枝条的长果枝比例降低，中果枝比例和短果枝比例增加。处理 T_2 的中、短果枝比例最高，长果枝比例最低。除 T_4 处理的中果枝比例与对照无显著差异外，其余各处理的长果枝比例、中果枝比例及短果枝比例均与对照呈显著差异。

表 3 不同拉枝处理对香梨叶片营养物质含量的影响

Table 3 Effects of branch bending treatment on nutrient content of Korla fragrant pear leaves $g \cdot kg^{-1}$

处理	N	P	K
CK	22.07±0.82b	7.14±0.96a	13.29±0.11d
T1	23.36±1.96ab	7.15±0.47a	14.36±0.29b
T2	25.55±2.02a	5.69±0.27bc	15.52±0.09a
T3	21.43±1.45b	6.68±1.11ab	14.35±0.19b
T4	22.06±0.43b	5.14±0.29c	13.98±0.11c

表 4 不同拉枝处理对香梨枝类特性的影响

Table 4 Effects of branch bending treatment on the branch characters of Korla fragrant pear %

处理	长果枝比例	中果枝比例	短果枝比例
CK	71.82±0.07a	20.53±0.07c	7.65±0.05c
T1	52.59±0.11bc	33.12±0.08b	14.30±0.04b
T2	29.27±0.05d	42.51±0.05a	28.23±0.05a
T3	44.80±0.09c	35.13±0.08ab	20.07±0.04b
T4	58.84±0.06b	23.65±0.03c	17.51±0.07b

2.3 不同拉枝处理对香梨果实品质的影响

果实品质是决定果实经济价值和市场竞争力的重要因素。由表 5 可知，T_1、T_2、T_4 处理均使香梨果实的单果质量增加，T_3 处理使香梨果实的单果质量减小。方差分析结果表明，T_2 处理显著增加了香梨果实的单果质量，其余处理与 CK 差异均不显著。不同拉枝角度均使香梨的果形指数减小，T_2、T_3 处理与 CK 差异显著，T_1、T_4 处理与 CK 差异不显著。拉枝处理后，香梨果肉硬度变小，在 T_2 处理时达到最小值，各处理的果肉硬度与 CK 呈显著差异，T_2、T_3、T_4 处理之间无显著差异。可溶性固形物含量随着拉枝角度的增大呈先增加后下降趋势，在 T_3 处理时达到最大值，T_2、T_3 与 CK 差异达显著水平，T_1、T_4 与 CK 差异不显著。蛋白质含量随拉枝角度的增大总体上呈增加趋势，在 T_4 处理时达到最大值，与 CK 差异显著，其余处理与 CK 差异均不显著。

不同拉枝角度处理均使香梨果实的可溶性糖含量增加(表 5)，T_2 处理的果实可溶性糖含量最高，除 T_1 处理与 CK 无显著差异外，其余处理与 CK 均呈显著差异。不同拉枝角度处理均使香梨果实的可滴定酸含量降低，T_2 处理的果实可滴定酸含量最低，但各处理与 CK 的差异均不显著。拉枝处理使香梨果实的糖酸比增大，T_2 处理的果实糖酸比最高，除 T_1 处理与 CK 差异不显著外，其余处理与 CK 均有显著差异。拉枝处理也使香梨果实的维生素 C 含量增加，不同处理间差异不同，以 T_2 处理下果实的维生素 C 含量最高，除 T_3 处理的果实维生素 C 含量与 CK 差异不显著外，其余处理与 CK 均有显著差异。果实石细胞含量随拉枝角度的增大呈先下降后上升的趋势，T_2 处理时果实石细胞含量达到最小值，与 CK 差异显著，其余处理与 CK 的差异均不显著。

表 5 不同拉枝处理对香梨果实品质的影响

Table 5 Effects of branch bending treatment on fruit quality of Korla fragrant pear

处理	单果质量/g	果形指数	果肉硬度/($kg \cdot cm^{-2}$)	可溶性固形物含量/%	蛋白质含量/%
CK	129.23±8.48b	1.20±0.06a	8.48±0.66a	12.40±0.39bc	0.76±0.12b
T_1	129.99±17.04b	1.17±0.06ab	7.58±1.18b	12.75±0.59ab	0.96±0.05ab
T_2	143.05±15.06a	1.15±0.02bc	6.31±0.56c	13.00±0.41a	1.01±0.12ab
T_3	128.60±8.42b	1.13±0.03c	6.38±0.53c	13.10±0.39a	0.98±0.23ab
T_4	132.08±16.17ab	1.19±0.04a	6.65±0.50c	12.10±0.52c	1.10±0.12a

处理	可溶性糖含量/%	可滴定酸含量/%	糖酸比	维生素 C 含量/($mg \cdot 100g^{-1}$)	石细胞含量/%
CK	9.10±0.18c	0.059 7±0.009 4a	155.09±25.48c	3.06±0.03c	0.363 1±0.002 3a
T1	9.34±0.05c	0.055 1±0.009 5a	172.76±27.90bc	3.27±0.06ab	0.360 9±0.004 8a
T2	10.03±0.17a	0.048 2±0.000 0a	208.19±3.47a	3.33±0.15a	0.342 2±0.004 6b
T3	9.61±0.13b	0.049 2±0.000 0a	195.47±2.56ab	3.16±0.03bc	0.355 6±0.003 2a
T4	9.61±0.13b	0.048 9±0.000 0a	196.51±2.73ab	3.27±0.06ab	0.367 7±0.008 8a

3 结论与讨论

不同拉枝角度对果实质量和品质有重要影响。香梨枝条经过不同拉枝角度处理后，随着拉枝角度的增大，叶片所接受的光照条件得到改善，光合速率得到提高，果实积累的营养物质含量增加，有利于果

实品质和质量的提高。试验结果表明,不同拉枝角度处理均使香梨叶片单叶鲜重、单叶干重、单叶面积和单叶厚度增加,60°～105°的拉枝处理使叶片叶绿素总量显著增加;拉枝处理后,枝条的长果枝比例降低,中果枝比例和短果枝比例增加;不同角度的拉枝处理改善了香梨果实的品质,其中,拉枝角度为75°～90°时果肉硬度、蛋白质含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖酸比、维生素 C 含量和石细胞含量等理化指标优于其他处理,且果实单果质量最大,同时叶片叶绿素含量、氮素营养含量和钾素营养含量最高,枝条抽生中、短果枝的比例也最高。分析认为随着拉枝角度的增大,枝条受到不同程度的损伤,运输营养、矿物质和水分的通道也受到阻碍,使得光合产物外运量减少,枝条上着生的叶片质量改善,叶片光合速率增强,从而有利于果实增大和果实品质的提高。结合香梨成枝力中等偏弱的特点,拉枝角度过大容易造成树体早衰,因此,省力密植栽培模式下香梨幼树适宜的拉枝角度为 75°～90°。

密植省力化栽培模式是当前我国梨产业发展的方向,此模式目前正处于尝试和探索阶段。整形修剪技术是调整树体结构和树冠光照条件、调控花果结实、促进产量提高的主要因素之一,也是提高光能利用效率的关键措施[19-21]。拉枝是果树整形修剪过程中不可缺少的技术措施,有效的拉枝处理可以使枝条开张,扩大树冠,均衡树势,促进中、短枝的形成,增加结果部位,改善树体通风透光环境,提高果实品质,达到早花、早果、优质、丰产的目的[5]。徐绍清[22]等对黄花梨进行拉枝处理的研究指出,拉枝可促进生殖生长且增加产量,扩大冠幅;张继义[23]等在苹果梨上的试验表明,拉枝可促使生长旺盛的幼树提早结果;戴文圣[24]等指出对幼龄梨树进行拉枝处理可使幼树树冠扩大,叶幕建成加速,长枝增多,长度缩短,果枝比例增大,而且花序和坐果量增加;赖坚定[25]在西子绿梨幼树上的拉枝结果表明,拉枝能促进花芽的形成,促使梨树提早开花结果。

叶片是植物进行光合作用的器官。拉枝对果树叶片质量及光合效能有一定的影响。吴鲜亮[13]等对苹果梨幼树拉枝的研究表明,拉枝后叶片的叶绿素含量增加,光合效率提高,光合产物增加。本试验结果表明,60°～105°的拉枝处理使香梨叶片叶绿素总量显著增加,叶片质量有所改善,对促进叶片的光合作用有积极的意义。分析认为香梨枝条经过拉枝处理后,顶端优势削弱,枝条的营养生长也削弱,叶片制造的光合产物外运量减少,从而使自身的积累量增多,叶片质量提高。

矿质元素是植物进行光合作用的物质基础,除构成叶绿体结构以外,许多矿质元素还参与光合作用过程中一系列的生理生化反应和能量转换。研究表明,叶片氮含量的增加与光合速率呈正相关[26]。本研究表明,60°～90°的拉枝处理能增加叶片中的氮素营养含量,尤以 75°～90°拉枝处理下叶片氮素营养含量最高。枝条经过拉枝处理后,叶片中的钾素营养含量显著增加,这有利于促进光合作用的进行。叶片中的磷素营养随着拉枝角度的增大而出现下降现象,其机理还有待于进一步的研究。徐贵轩[5]等认为,苹果枝条的发生数量和比例与拉枝角度存在着密切的关系,随着拉枝角度的增大,苹果枝条的发生数量和中短枝的比率增加,长枝数和长枝比率降低。本研究结果表明,经过拉枝处理后,香梨枝条的长果枝比例降低,中果枝比例和短果枝比例增加。拉枝处理后,叶片光合速率随之增强,碳水化合物含量增加,抽生中、短枝的数量也增加,抽生长枝的数量减少,根据养分就近分配的原则,这样有利于该枝条上的花芽分化和果实发育,这与杜荣[6]、戴文圣[24]等的研究结论相一致。

参考文献:

[1] 马建江,张萍,薛根生. 库尔勒香梨生产现状与发展对策[J]. 北方园艺,2015(16):170-173.
MA J J,ZHANG P,XUE G S,*et al*. Productive status and developing countermeasure of Korla fragrant pears[J]. Northern Horticulture,2015(16):170-173. (in Chinese)

[2] 马建江,常宏伟,王小兵,等. '库尔勒香梨'省力化栽培技术[J]. 北方果树,2015(3):29-30.

[3] 马童慧. 拉枝对甜柿幼树树体营养的影响[J]. 华北农学报,2015,30(Supp. 1):179-183.
MA T H. Effects of different branch angles on nutrition of young persimmon[J]. Acta Agriculturae Boreali-sinica,2015,30(Supp. 1):179-183. (in Chinese)

[4] 李宏建,王宏,刘志,等. 不同拉枝角度对寒富苹果树生理特性和果实品质的影响[J]. 江西农业大学学报,2013,35(4):703-708.
LI H J,WANG H,LIU Z,*et al*. Effect of different branch angle on physiological characteristics and fruit quality of Hanfu apple[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis,2013,35(4):703-708. (in Chinese)

[5] 徐贵轩,李宏建,宋哲,等. 不同拉枝角度对"望山红"苹果果实品质和枝类特性的影响[J]. 北方园艺,2011(20):24-26.
XU G X,LI H J,SONG Z,*et al*. Effects of branch bending angle on fruit quality and branch character of 'Wangshanhong' apple[J]. Northern Horticulture,2011(20):24-26. (in Chinese)

[6] 杜荣,曲俊贤,赵增强,等. 不同拉枝角度对嘎拉苹果叶片及果实产量和品质的影响[J]. 西北林学院学报,2009,24(2):71-74.
DU R,QU J X,ZHAO Z Q,*et al*. Effects of branch drawing on the leaf growth,fruit quality and yield of Gala apple[J]. Jour-

nal of Northwest Forestry University,2009,24(2):71-74. (in Chinese)

[7] 李永武,韩明玉,范崇辉,等. 富士苹果不同拉枝角度叶片营养物质含量与果实品质之间的关系[J]. 西北农业学报,2007,16(2):161-164.
LI Y W,HAN M Y,FAN C H,*et al*. Relationship between branch nutrients and fruit quality of different branch angle in Fuji[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2007,16(2):161-164. (in Chinese)

[8] 韩明玉,李永武,范崇辉. 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.
HAN M Y,LI Y W,FAN C H. Effects of branch bending angle on physiological characteristics and fruit quality of Fuji apple [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(9): 1345-1350. (in Chinese)

[9] 杨勇,韩明玉,张满让,等. 拉枝角度对富士芽和叶碳氮含量的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(7):123-126.
YANG Y,HAN M Y,ZHANG M R,*et al*. Effects of branch bending angle on carbon and nitrogen contents in leaves and buds of Fuji[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2011,20(7):123-126. (in Chinese)

[10] 李宏建,刘志,王宏,等. 乔纳金苹果树不同拉枝角度对叶片营养物质含量和果实品质的影响[J]. 西南农业学报,2014,27(2):734-738.
LI H J,LIU Z,WANG H,*et al*. Effects of branch bending angle on leaf nitrogen and fruit quality of Jonagold[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2014,27(2):734-738. (in Chinese)

[11] 廖立安,李志光,曹建明. 翠冠梨引种试验及整形拉枝对其经济性状的影响[J]. 中南林学院学报,2003,23(2):79-81.
LIAO L A,LI Z G,CAO J M. Introduction experiment of Cuiguan pear and effect of trimming the branches on its economic properties[J]. Journal of Central South Forestry University,2003,23(2):79-81. (in Chinese)

[12] 李晓龙,王超,李甲明,等. 拉枝处理对'翠冠'梨成花的影响及其调控机制[J]. 西北植物学报,2015,35(1):89-97.
LI X L,WANG C,LI J M,*et al*. Effect and regulation mechanism of branch-drooping on flower bud formation of Cuiguan pear[J]. Acta Bot. Boreal-Occident. Sin. ,2015,35(1):89-97. (in Chinese)

[13] 吴鲜亮,何志爱,杨勇. 拉枝对苹果梨幼树生长发育的影响[J]. 内蒙古农业科技,2008(1):54-55,57.

[14] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版社,2000:145-148,137-138,162-163.

[15] 刘群龙,郝燕燕,吴国良,等. 外源硒对砀山酥梨果实品质和硒含量的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(8):113-117.
LIU Q L,HAO Y Y,WU G L,*et al*. Effect of spraying exogenous selenium on fruit quality and selenium content of Dangshan Suli[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2015,44(8):113-117. (in Chinese)

[16] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006:202-204.

[17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:56-59.

[18] 聂继云,李静,杨振锋,等. 冷冻法测定梨的石细胞含量[J]. 果树学报,2006,23(1):133-135.
NIE J Y,LI J,YANG Z F,*et al*. Study on the conditions for measuring stone cell content in pear flesh by freezing method [J]. Journal of Fruit Science,2006,23(1):133-135. (in Chinese)

[19] 高媛,贾黎明. 主要生物柴油树种整形修剪技术研究进展[J]. 西北林学院学报,2015,30(2):148-153.
GAO Y,JIA L M. Research status of several major bio-diesel trees on puning techniques[J]Journal of Northwest Forestry University,2015,30(2):148-153. (in Chinese)

[20] 李美美,马华冰,任俊杰,等. 修剪方式对核桃生理特性影响的研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):108-115.
LI M M,MA H B,REN J J,*et al*. Effects of pruning methods on physiological characteristics of walnut [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(1): 108-115. (in Chinese)

[21] 李美美,赵建建,张玲,等. 重回缩与拉枝对成龄'绿岭'核桃净光合速率和叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北林学院学报,2014,30(5):42-46.
LI M M,ZHAO J J,ZHANG L,*et al*. Effects of heavy cutting-back and bending branch on net photosynthetic rate and chlorphyll flourescence parameters of adult walnut cultivar 'Lvling' [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014,30(5):42-46. (in Chinese)

[22] 徐绍清,吕建森,徐永红,等. 拉枝对海涂黄花梨早期丰产的效应试验[J]. 浙江林业科技,2000,20(4):84-85
XU S Q,LYU J S,XU Y H,*et al*. Effect of branch drawing on early and high yield of "Huanghua" pear in coastal beach [J]. Journal of Zhejiang For. Sci. & Tech. ,2000,20(4):84-85. (in Chinese)

[23] 张继义,赵国生,胡跃军,等. 苹果梨幼树拉枝试验[J]. 中国果树,2001(1):19.

[24] 戴文圣,王白坡,钱银才,等. 拉枝对不同品种幼龄梨树生长结果的影响[J]. 浙江林学院学报,1996,13(2):123-129.
DAI W S,WANG B P,QIAN Y C,*et al*. Branch drawing influence on growth and fruit setting for young tree of pear varieties[J]. Journal of Zhejiang Forestry College,1996,13(2):123-129. (in Chinese)

[25] 赖坚定. 拉枝对西子绿梨幼龄树生长结果的影响[J]. 福建果树,2004(4):27.

[26] 杜荣,郝万喜. 不同拉枝角度对嘎拉苹果叶片质量的影响[J]. 价值工程,2011(22):296-297.
DU R,HAO W X. The effect of the quality of leaf with different branch angle[J]. Value Engineering,2011(22):296-297. (in Chinese)