



拉枝角度对‘宫崎短枝富士’树体生长、果实品质和质地的影响

赵国栋,贾林光,张新生,赵同生,付友,
杨凤秋,陈东玫,张朝红,赵永波

(河北省农林科学院 昌黎果树研究所,河北昌黎 066600)

摘要 分析不同拉枝角度对‘宫崎短枝富士’树体生长、果实品质和质地的影响,为燕山地区矮化中间砧‘宫崎短枝富士’适宜拉枝角度的提出提供理论依据。以 SH6 矮化中间砧‘宫崎短枝富士’2 a 生树为试材,设置 90°、105°、120°、135° 4 个拉枝角度,经过 3 a 连续拉枝处理,调查结果期树体生长量、成花率、果实品质,并结合 TPA 法测定果实质地参数,分析比较不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’树体生长、果实品质、质地的差异。随着拉枝角度增加,果树树高、冠径、干周、新梢长度明显降低,短枝比例增加,中长枝比例降低,成花率显著提高;120°的果形指数最大,可溶性固形物最高,其次是 105°、90°和 135°差异不显著,但 135°单果质量显著降低;果实各质地数值先增后降,120°测量值最大,90°、105°差异不显著,135°果实断裂性明显降低。通过增加拉枝角度减缓树势、促进成花、提高品质是燕山地区矮化密植栽培的重要措施,分析后认为 120°是矮化中间砧‘宫崎短枝富士’最优拉枝角度。

关键词 拉枝角度;生长;苹果品质;质地;宫崎短枝富士

中图分类号 S662.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2021)01-0102-07

‘宫崎短枝富士’(*Malus domestica* Borkh. ‘Miyazakifuji’)是富士系短枝型芽变品种,具有抗寒、高产、品质优及着色好等优点,是燕山地区主栽品种之一,受夏季高温多雨等因素的影响,该品种在平地果园存在树体旺长、花芽分化困难及品质下降等问题,严重影响果农的经济效益。采用 SH6 做为中间砧进行矮化密植栽培是解决措施之一^[1],但经过多年的推广应用,仍未达到理想效果,树形管理不配套,拉枝角度不合理是主要原因之一。拉枝是果树整形修剪的常用技术措施,前人从树体生长^[2-3]、叶片生理^[4]、激素平衡^[5]、矿质营养^[6]、品质特征^[3]等方面开展了关于拉枝角度对矮化苹果树影响的研究,结果表明适宜的拉枝角度可以改善苹果树生长生理特性,优化树体结构,平衡树体营养,促进早花早果和优质丰产。关于不同品种、砧穗组合的适宜拉枝角度,杜荣等^[7]研究认为陕西渭北南部苹果产区的‘嘎拉’苹

果细长纺锤形小主枝的适宜拉枝角度以 90°~100°为宜;韩明玉等^[4]研究认为拉枝角度为 110°时,果树成花容易,果实品质最好,是普通富士适宜拉枝角度;徐贵轩等^[8]研究表明‘望山红’苹果 120°拉枝角度时短枝率高,果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸、可溶性总糖等理化指标表现最优。目前关于‘宫崎短枝富士’适宜拉枝角度的研究较少,且关于拉枝角度对果实品质的影响主要集中于常规品质,关于质地的影响研究很少。通过质构仪进行质地多方面分析(Texture profile analysis,TPA)可以全面反映果实的硬度、粘附性、弹性、内聚性和咀嚼性等质地参数^[9],以此参数可以更好地反映果实质地。本研究以 SH6 矮化中间砧‘宫崎短枝富士’2 a 树为试材,设计 90°、105°、120°、135° 4 个拉枝角度,经过 3 a 连续拉枝处理后,研究不同拉枝角度对‘宫崎短枝富士’矮化中间砧树的生长量和果实品质的影响,并结合 TPA

收稿日期:2020-02-20 **修回日期:**2020-04-28

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-27);河北省农林科学院创新工程项目(2019-3-4-4);河北省农业关键共性技术攻关专项(18226353)。

第一作者:赵国栋,男,助理研究员,主要从事果树栽培生理学研究。E-mail:guodong19823@163.com

通信作者:张新生,男,研究员,主要从事果树栽培生理学研究。E-mail:zhangxs72@126.com

法评价果实质地,旨在为燕山地区矮化中间砧‘宫崎短枝富士’合理拉枝角度的提出提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本试验在河北省农林科学院昌黎果树研究所施各庄基地进行,该果园 2015 年建园,以‘宫崎短枝富士’为主栽品种,‘王林’为授粉树,中间砧为 SH6,基础为八棱海棠,树形采用纺锤形,株行距 1.8 m×4.5 m,地势平坦,褐土,有滴灌条件,管理精细。

1.2 试验设计

拉枝于 2016—2018 年连续进行,拉枝角度设 90°、105°、120°、135°,其中 90°是生产上常用角度。单行重复,每行 25 棵树,重复 2 次。每年 6—7 月将主枝从基部拉至设定角度,之后连续对主枝延长枝进行拉枝处理,使其与主枝基部角度一致。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 成花率及枝类组成的统计 参照辛明志等^[10]的方法,2018 年秋季落叶后,每个拉枝角度处理选择生长势基本一致的 10 棵树,在每棵树的中下部随机选择 5 个主枝挂牌,调查统计短枝(<5 cm)、中长枝(>5 cm)比例,2019 年在开花期分别统计所选 5 个主枝上各类枝条(短枝、中长枝)开花情况,短枝成花率=短枝开花数/短枝总数,中长枝成花率=中长枝开花数/中长枝总数。

1.3.2 树体生长调查 2019 年秋季落叶后对所选树的树高、干周、新梢长度、冠径进行调查。树高从地面往上至树体最高处测量,干周在嫁接口往上 10 cm 处测量,新梢长度随机取 10 个主枝延

长枝测量,冠径以最大树冠处东西长度和南北长度计算,取平均值。

1.3.3 果实品质的测定 2019 年果实成熟期从所选树树冠外围,分东西南北 4 个方位采果,每棵树采 4 个果,共采 40 个果,带回实验室,用百分之一天平称量单果质量,游标卡尺测果实纵横径,果形指数=纵径/横径。取 30 个果,用 ATC 手持式折光仪测定可溶性固形物含量,用 GMK-835F 苹果酸度测定仪测定可滴定酸含量。余下 10 个果用于质地分析。

1.3.4 果实质地的测定 参照李永红等^[11]和潘秀娟等^[12]的方法加以改进,将苹果果实分阴阳面纵切,取赤道处的果肉,用锋利刀片削掉果皮,修整成长×宽×高=1 cm×1 cm×1 cm 的正方体,使切面垂直于测试探头,置于 CT3-4500 质构仪(Texture Profile Analysis, CID, USA)下测定。探头为 TA-44 型号(4 mm),夹具为 TA-BT-KI,参数设置具体为:TPA 测量模式,形变百分量 50%,触发点负载 0.07 N,测试速度 0.5 mm/s,返回速度 0.5 mm/s,可恢复时间 10 s,选取硬度、断裂性、粘附性、内聚性、咀嚼性、弹性作为质地评价参数(表 1)。每个果取 4 个点进行测定,以平均值代表 1 个果的质构参数,重复 10 个果。

1.4 数据处理

果实质地参数直接由质构仪分析软件 Texture Loader 计算得出。利用 Excel 2007 进行数据整理,利用 SPSS 19.0 软件进行单因素(ANOVA)方差分析、Duncan’s 新复极差法多重比较和 Pearson 相关性分析。

表 1 果实质地基本参数

Table 1 Basic parameters of fruit texture

参数 Parameter	参数意义 ^[13] Meaning of parameters
硬度 Hardness	反映果实质地的坚实程度 Firmness of the fruit texture
断裂性 Fracture	反映果实的脆性 Brittleness of the fruit
咀嚼性 Chewiness	评价果实对咀嚼的持续抵抗性能力 Evaluation for the continuous resistivity of fruit for chewing
内聚性 Cohesiveness	评价咀嚼果肉时使果实保持完整的性质 Evaluation for intact fruit properties when the flesh was chewed
粘附性 Adhesiveness	评价咀嚼果肉时口腔克服果肉表面吸引力所需的能量 Evaluation for energy required to overcome the attractive forces between the surface of flesh and oral cavity when it was chewed
弹性 Springiness	反映果实受压,在去掉压力时恢复原状的能力 Capacity for the fruit to recover its shape after compression

2 结果与分析

2.1 不同拉枝角度对‘宫崎短枝富士’树体生长的影响

由表 2 可知,随着拉枝角度增加,‘宫崎短枝

富士’树高、冠径、干周、新梢长度降低明显,拉枝角度 90°的树高、冠径、新梢长度最大,与其他角度差异显著,135°树高、冠径、干周、新梢长度最小,与其他角度差异显著,105°和 120°树体生长量无明显差异。

由表 3 可知,随着拉枝角度增加,‘宫崎短枝富士’短枝比例提高明显,中长枝比例降低明显,105°和 120°差异不显著,与 90°、135°差异显著。

苹果以短枝结果为主,短枝成花率、中长枝成花率、主枝平均成花率均随着拉枝角度加大而增加,且不同角度间差异显著。

表 2 不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’的树体生长量($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Growth of ‘Miyazakifuji’ under different branch bending angles

拉枝角度/(°) Branch angle	树高/cm Tree height	冠径/cm Canopy diameter	干周/cm Circumference of scion	新梢长度/cm Length of shoot
90	399.9±16.4 a	237.4±17.6 a	34.5±1.1 a	55.7±17.6 a
105	376.6±20.7 b	215.1±10.4 b	33.1±2.0 a	43.2±12.6 b
120	370.2±17.4 bc	206.4±11.5 b	33.0±1.8 a	40.9±11.8 b
135	358.6±12.1 c	179.9±17.9 c	30.6±1.9 b	32.2±12.2 c

注:数据后不同字母表示经 Duncana’s 检验有显著差异($P=0.05$)。下同。

Note: Different letters within the columns indicate statistically significant difference at $P=0.05$. The same below.

表 3 不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’的枝条比例和成花率($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Branch proportion and flowering rate of ‘Miyazakifuji’ under different branch bending angles

拉枝角度/(°) Branch angle	枝条比例/% Branch proportion		成花率/% Flowering rate		
	短枝 Short shoots	中长枝 Middle and long shoots	短枝 Short shoots	中长枝 Middle and long shoots	平均值 Average
90	61.9±6.4 c	38.1±8.3 a	33.1±9.5 d	23.3±15.0 c	29.0±8.3 d
105	71.4±4.4 b	28.6±6.4 b	48.6±2.5 c	30.5±14.6 bc	43.0±4.4 c
120	73.6±4.9 b	26.4±4.4 b	60.0±7.4 b	42.6±8.1 ab	55.4±4.9 b
135	79.7±5.6 a	20.3±4.9 c	68.6±9.0 a	49.1±22.6 a	63.9±10.3 a

2.2 不同拉枝角度对‘宫崎短枝富士’果实品质的影响

由表 4 可知,90°、105°、120°单果质量无明显差异,135°单果质量降低明显。果形指数、可溶性

固形物以 120°最大,与其他角度差异显著,105°次之,90°最低,与 135°差异不显著。可滴定酸含量在各拉枝角度之间差异不显著。

表 4 不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’的果实品质($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Fruit quality of ‘Miyazakifuji’ under different branch bending angles

拉枝角度/(°) Branch angle	单果质量/g Single fruit mass	果形指数 Fruit shape index	可溶性固形物含量/% Soluble solids content	可滴定酸含量/% Titratable acid content
90	275.0±43.8 a	0.887±0.05 b	14.80±1.11 b	0.273±0.036 a
105	273.9±22.2 a	0.902±0.08 b	15.12±1.39 ab	0.267±0.032 a
120	279.4±33.5 a	0.923±0.06 a	15.83±0.92 a	0.264±0.038 a
135	226.1±45.3 b	0.890±0.07 b	14.96±0.51 b	0.289±0.036 a

2.3 不同拉枝角度对‘宫崎短枝富士’质地的影响

由表 5 可知,90°~135°拉枝角度下,‘宫崎短枝富士’质地数值先增加后降低,120°测量值最大,其中咀嚼性、粘附性、弹性与其他角度差异显著,135°测量值最小,断裂性与 90°、105°、120°差异显著,咀嚼性、粘附性、弹性与 90°、105°差异不显著。4 个拉枝角度的果实硬度和内聚性无显著差异。咀嚼性感官上为牙齿咀嚼样品成稳定状态时需要的能量,弹性感官上为人口腔臼齿碾磨果实的力度,黏附性感官上为咀嚼果肉时,果粒对上颚、牙齿、舌头等接触面黏着的性质,3 个指标数

值的增加,在感官上表现为牙齿所能接受范围内,果实的嚼劲越大,牙齿咀嚼果肉成吞咽状态时需要的能量越大,口感越好^[14]。因此,拉枝角度 120°时,‘宫崎短枝富士’口感明显提升。

2.4 果实品质与质地的相关性分析

从表 6 可以看出,断裂性与单果质量显著正相关,与可滴定酸含量极显著负相关,咀嚼性和可溶性固形物含量显著正相关,内聚性、粘附性、弹性与果形指数和可溶性固形物含量显著正相关。整体来看,果实品质与质地整体相关性较强。

2.5 不同拉枝角度下果实质地参数之间的相关性分析

4 个拉枝角度果实质地参数间的相关性分析见表 7。硬度与断裂性显著正相关,咀嚼性与内聚性、粘附性、弹性显著或极显著正相关,粘附性

与弹性显著或极显著正相关。断裂性与咀嚼性、粘附性、弹性,在 90°显著正相关,硬度与咀嚼性在 90°、105°、135°显著正相关,内聚性与粘附性在 135°显著正相关。

表 5 不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’的果实质地参数

Table 5 Fruit texture parameters of ‘Miyazakifuji’ under different branch bending angles

拉枝角度/(°) Branch angle	硬度/N Hardness	断裂性/N Fracture	咀嚼性/MJ Chewiness	内聚性 Cohesiveness	粘附性/mJ Adhesiveness	弹性/mm Springiness
90	8.39±0.63 a	6.82±0.97 a	1.41±0.62 b	0.074±0.009 a	0.40±0.11 b	1.96±0.56 b
105	9.39±0.92 a	7.21±0.99 a	1.53±0.31 b	0.075±0.004 a	0.47±0.08 b	2.38±0.41 b
120	9.51±1.12 a	7.39±1.29 a	3.37±1.62 a	0.084±0.007 a	0.79±0.25 a	3.89±0.92 a
135	9.52±1.90 a	5.21±1.16 b	1.34±0.24 b	0.074±0.006 a	0.36±0.06 b	1.89±0.31 b

表 6 果实品质与质地参数的相关性分析

Table 6 Correlation analysis of fruit quality and textural parameter

指标 Index	硬度 Hardness	断裂性 Fracture	咀嚼性 Chewiness	内聚性 Cohesiveness	粘附性 Adhesiveness	弹性 Springiness
单果质量 Single fruit mass	-0.35	0.980 *	0.474	0.46	0.57	0.533
果形指数 Fruit shape index	0.555	0.622	0.942	0.951 *	0.971 *	0.980 *
可溶性固形物含量 Soluble solids content	0.576	0.517	0.969 *	0.977 *	0.974 *	0.984 *
可滴定酸含量 Titratable acid content	0.065	-0.995 **	-0.613	-0.608	-0.716	-0.692

注: * 表示 $P < 0.05$ 显著水平, ** 表示 $P < 0.01$ 极显著水平。

Note: * and ** indicate significant linear correlations of 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表 7 不同拉枝角度下‘宫崎短枝富士’果实质地参数间的相关性分析

Table 7 Correlation analysis of textural parameter of ‘Miyazakifuji’ under different branch angles

拉枝角度/(°) Branch angle	质构参数 TPA parametera	硬度 Hardness	断裂性 Fracture	咀嚼性 Chewiness	内聚性 Cohesiveness	粘附性 Adhesiveness
90	断裂性 Fracture	0.836 **				
	咀嚼性 Chewiness	0.562 **	0.655 **			
	内聚性 Cohesiveness	0.264	0.199	0.550 *		
	粘附性 Adhesiveness	0.522 *	0.586 **	0.634 **	0.154	
	弹性 Springiness	0.327	0.491 *	0.939 **	0.389	0.542 *
105	断裂性 Fracture	0.657 **				
	咀嚼性 Chewiness	0.484 *	0.240			
	内聚性 Cohesiveness	-0.020	-0.130	0.594 **		
	粘附性 Adhesiveness	-0.012	-0.152	0.531 *	0.172	
	弹性 Springiness	0.302	0.157	0.943 **	0.356	0.646 **
120	断裂性 Fracture	0.801 **				
	咀嚼性 Chewiness	0.400	0.312			
	内聚性 Cohesiveness	0.049	-0.071	0.484 *		
	粘附性 Adhesiveness	0.334	0.314	0.686 **	0.105	
	弹性 Springiness	0.176	0.181	0.928 **	0.274	0.633 **
135	断裂性 Fracture	0.456 *				
	咀嚼性 Chewiness	0.703 **	0.229			
	内聚性 Cohesiveness	0.676 **	-0.006	0.707 **		
	粘附性 Adhesiveness	0.204	-0.328	0.598 **	0.478 *	
	弹性 Springiness	0.247	0.026	0.796 **	0.325	0.630 **

3 讨论

近年来,随着果树修剪技术简化,拉枝已成为缓和树势、促进成花必不可少的措施之一^[2]。拉枝通过增加枝条开张角度,抑制枝条顶端优势,调节养分供应,使树体养分更多地供生殖生长的需要,而营养生长向生殖生长转化是花芽分化的必要条件之一^[15]。本研究结果表明,与常规的 90° 拉枝相比,增加拉枝角度,苹果树体生长量显著降低,短枝比例、平均成花率显著提高,这与吕珍珍等^[5]、汶学斌等^[16]在红富士上的研究结果一致,说明增加拉枝角度,有助于‘宫崎短枝富士’树势的控制,从而达到平衡营养,促进成花的目的。另外,本研究中 105° 与 120° 树体生长量差异不明显,135° 与 105°、120° 相比下降明显,考虑到拉枝角度 > 120° 容易造成树体衰弱^[4,17],因此,‘宫崎短枝富士’拉枝 120° 和 135° 后应该加强土肥管理,防止进入丰产期后树体早衰。

普遍认为加大拉枝角度,可以控制树体过多的营养消耗^[6],促进枝、叶、果实的发育,加之树冠开张后,通风透光条件改善,树冠内膛和中下部叶片的光合效能提高^[4],有助于提高果实含糖量,促进果实着色。本研究中,拉枝 105°、120° 时,提高果形指数和可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量,与林敏娟等^[18]在‘天红 2 号’和徐贵轩等^[8]在‘望山红’上的研究结果一致,拉枝 135° 时,单果质量下降明显,与冯毓琴等^[15]在‘烟富 6 号’130° 拉枝角度的结果相近,可能是由于拉枝角度过大,地上部与地上部养分交换变弱,树体贮藏营养不足造成^[19]。

有研究表明果实质地参数与叶绿素 a、净光合速率密切相关,良好的光照条件有助于果实质地参数的提高^[11],因此拉枝角度可能间接地影响果实质地。本研究中,随着拉枝角度增加,‘宫崎短枝富士’的果实质地数值先增加后降低,拉枝角度 120° 时咀嚼性、粘附性、弹性等显著提高,但拉枝角度增加至 135° 时,各参数测量值不同程度降低,尤其是断裂性降低明显 ($P < 0.05$)。影响果实质地的因素与果胶、纤维素、淀粉等物质含量有关^[20],拉枝角度过大,叶片发育不良^[18],合成的碳水化合物尤其是果胶^[4,21]含量降低可能是 135° 果实质地降低的原因。本研究中,果形指数、可溶性固形物等品质指标与质地参数之间存在较强的正相关性,因此,通过增加拉枝角度促进枝叶受光

的同时,在果实发育前期增施氮肥以促进叶、果发育,后期增施钾肥以促进果实糖分积累,是燕山地区果实质地提高的关键。

研究表明,果实质地参数之间具有较高的相关性^[12]。本研究中,除硬度和断裂性,咀嚼性和内聚性、粘附性、弹性,粘附性和弹性在 4 个拉枝角度下均表现出显著或极显著正相关性外,其他参数之间的相关性随拉枝角度变化表现不一致,且硬度和断裂性的正相关性与二者参数值在不同拉枝角度间的变化趋势不一致,说明拉枝角度影响果实质地形成的复杂性,关于其深层次原因还有待于进一步研究。

选择适宜的拉枝角度对‘宫崎短枝富士’的矮化密植栽培具有指导意义。120° 拉枝角度可以很好地控制树体长势,提高成花率,改善果实品质和质地,是‘宫崎短枝富士’的最优拉枝角度。生产中平地果园应该注意留果量,加强土肥管理,防止树体早衰,山地果园由于土层比较薄,树体生长量小,因此不适宜用较大的开张角度,在生产中应加强对叶片的保护,以提高果实品质和质地。

参考文献 Reference:

- [1] 赵同生,赵国栋,张朝红,等. 不同矮化中间砧对‘宫崎短枝富士’树体生长、产量和品质的影响[J]. 果树学报,2016,33(11):1379-1387.
ZHAO T SH,ZHAO G D,ZHANG CH H, *et al.* Effect of dwarfing interstocks on tree growth, yields and fruit quality of ‘Miyazakifuji’ apple [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016,33(11):1379-1387.
- [2] 蔡华成,王芸芸,杨廷桢,等. 拉枝角度对‘SH1’矮化中间砧‘富士’苹果幼树生长和结果的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(10):78-82.
CAI H CH,WANG Y Y,YANG T ZH, *et al.* Effect of branch angle on growth and fruit of ‘Fuji’ apple trees in ‘SH1’ dwarfing interstock [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017,33(10):78-82.
- [3] 张仕杰,屠煦童,戴强,等. 拉枝对苹果幼树生长发育的影响[J]. 江西农业学报,2012,24(9):41-44.
ZHANG SH J,TU X T,DAI Q, *et al.* Effects of branch-bending on growth and development of young apple trees [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2012,24(9):41-44.
- [4] 韩明玉,李永武,范崇辉,等. 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 CH H, *et al.* Effects of branch bending angle on physiological characteristics and fruit quality of Fuji apple [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008,35(9):1345-1350.

- [5] 吕珍珍,马玲,张满让.拉枝角度对苹果枝条顶梢多胺类物质含量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(2):56-64.
LÜ ZH ZH,MA L,ZHANG M R.Effect of branch bending angle on contents of endogenous polyamines in shoot terminals of apple tree[J].*Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition)*,2018,46(2):56-64.
- [6] 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 CH 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.
- [7] 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].*Journal of Northwest Forestry University*,2009,24(2):71-74.
- [8] 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 ZH,*et al.* Effects of branch bending angle on fruit quality and branch character of ‘Wangshanhong’ apple[J].*Northern Horticulture*,2011(20):24-26.
- [9] 李红光,刘俊灵,党美乐,等.苹果新品种‘瑞阳’及其亲本果实组织结构的比较分析[J].果树学报,2018,35(10):1182-1189.
LI H G,LIU J L,DANG M L,*et al.* Comparative the anatomy of the fruit between a new apple cultivar ‘Ruiyang’ and its parents[J].*Journal of Fruit Science*,2018,35(10):1182-1189.
- [10] 辛明志,陶炼,樊胜,等.纬度和海拔对主要苹果品种花芽分化期的影响[J].园艺学报,2019,46(4):761-774.
XIN M ZH,TAO L,FAN SH,*et al.* Effect of latitude and altitude on flower bud differentiation of major apple cultivars[J].*Acta Horticulturae Sinica*,2019,46(4):761-774.
- [11] 李永红,常瑞丰,王召元,等.桃树不同方位叶片光合能力与果实质地关系的研究[J].西北农业学报,2017,26(10):1477-1483.
LI Y H,CHANG R F,WANG ZH Y,*et al.* Relationship between leaf photosynthetic characteristics and fruit texture from different positions in peach tree[J].*Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*,2017,26(10):1477-1483.
- [12] 潘秀娟,屠康.质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J].农业工程学报,2005,21(3):166-170.
PAN X J,TU K.Comparison of texture properties of post harvested apples using texture profile analysis[J].*Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*,2005,21(3):166-170.
- [13] 高海生,贾艳茹,魏建梅,等.用物性分析仪检测‘鸭梨’和‘京白梨’果实采后质地的变化[J].园艺学报,2012,39(7):1359-1364.
GAO H SH,JIA Y R,WEI J M,*et al.* Studies on the post-harvested fruit texture changes of ‘Yali’ and ‘Jingbaili’ pears by using texture analyzer[J].*Acta Horticulturae Sinica*,2012,39(7):1359-1364.
- [14] 杨玲,肖龙,王强,等.质地多面分析(TPA)法测定苹果果肉质地特性[J].果树学报,2014,31(5):977-985.
YANG L,XIAO L,WANG Q,*et al.* Study on texture properties of apple flesh by using texture profile analysis[J].*Journal of Fruit Science*,2014,31(5):977-985.
- [15] 冯毓琴,张永茂,李翠红,等.拉枝角度对‘烟富6号’苹果树生长、生理特性及果实品质的影响[J].中国果树,2016(6):1-7.
FENG Y Q,ZHANG Y M,LI C H,*et al.* Effects of branching angle on growth,physiological characteristics and fruit quality of ‘Yanfu 6’[J].*China Fruits*,2016(6):1-7.
- [16] 汶学斌,陈伯鸿,柳红英,等.不同拉枝角度对红富士苹果成花率、叶片和果实品质的影响[J].现代农业科技,2015(20):63,67.
WEN X B,CHEN B H,LIU H Y,*et al.* Branch angle’s influence on proportion of flower formation rates leaves and quality of Fuji apple[J].*Xiandai Nongye Keji*,2015(20):63,67.
- [17] 王振磊,林敏娟,付银洋,等.不同拉枝角度对富士苹果树体生理特性和果实品质的影响[J].新疆农业科学,2013,50(8):1462-1467.
WANG ZH L,LIN M J,FU Y Y,*et al.* Effect of different branch bending angles on physiological characteristics and fruit quality of Fuji apple[J].*Xinjiang Agricultural Sciences*,2013,50(8):1462-1467.
- [18] 林敏娟,王建军,吴翠云.不同拉枝角度富士苹果叶片营养物质含量与果实品质之间的关系[J].塔里木大学学报,2012,24(3):36-39.
LIN M J,WANG J J,WU C Y.Leaf nitrogen,phosphorus and potassium of different branch angle impact on fruit quality in Fuji[J].*Journal of Tarim University*,2012,24(3):36-39.
- [19] 王磊,姜远茂,彭福田,等.‘红富士’苹果枝条下垂处理对15N尿素吸收、分配及利用的影响[J].园艺学报,2010,37(7):1033-1040.
WANG L,JIANG Y M,PENG F T,*et al.* Effects of branch drooping on characteristics of absorption,distribution and utilization of 15N-urea application for *Malus domestica* Borkh. ‘Red Fuji’/*Malus hupehensis* [J].*Acta Horticulturae Sinica*,2010,37(7):1033-1040.
- [20] 张娟,高滋艺,杨惠娟,等.‘秦冠’和‘富士’质地差异的

解剖学观察及相关酶活性研究[J]. 西北农业学报, 2015, 24(10):88-94.

ZHANG J, GAO Z Y, YANG H J, *et al.* Study on anatomy and fruit texture related enzymes in apple (*Malus × Domestica*) cultivars ‘Qinguan’ and ‘Fuji’ [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2015, 24(10):88-94.

[21] 李永武. 不同拉枝角度对富士苹果生长和结果的影响研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2008.

LI Y W. Research bending angle differently to Fuji apple growth and fruit influence [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2008.

Effect of Branch Bending Angle on Growth, Fruit Quality and Texture Properties of *Malus domestica* Borkh ‘Miyazakifuji’

ZHAO Guodong, JIA Linguang, ZHANG Xinsheng, ZHAO Tongsheng, FU You, YANG Fengqiu, CHEN Dongmei, ZHANG Chaohong and ZHAO Yongbo

(Changli Institute of Pomology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Changli Hebei 066600, China)

Abstract To study the effects of different branch bending angles on the growth, fruit quality and texture properties of *Malus domestica* Borkh ‘Miyazakifuji’ for providing a theoretical basis to screen the suitable branching angle of ‘Miyazakifuji’ trees grafted on ‘SH6’ dwarfing interstock in Yanshan region. In this study, two-year-old ‘Miyazakifuji’ grafted on ‘SH6’ dwarfing interstock was taken as material, the branches were bent at 90°, 105°, 120° and 135°. After 3 years of continuous branching treatment, the tree growth, flowering rate and fruit quality were investigated, characters of fruit texture properties were analyzed by texture profile analysis (TPA). With the increase of the angle of branching, the tree height, canopy diameter, circumference of scion and length of new shoots decreased obviously, the proportion of short shoots increased, the proportion of middle and long shoots decreased, and the rate of flower formation increased significantly. The fruit shape index was largest and the soluble solids content was highest when the bending branch angle was 120°, and 105° was followed, the fruit quality of 90° and 135° had no significant difference while the single fruit mass of 135° decreased significantly. The values of fruit texture first increased and then decreased with the increase of the angle of branching, the measured value of 120° was the largest, there were no significant difference between 90° and 105°, and the fruit fracture of 135° obviously decreased. It is an important management to reduce tree growth potential, promote flower formation and improve fruit quality by enlarging the branch bending angle of ‘Miyazakifuji’ in Yanshan region, 120° is the optimal branch bending angle for ‘Miyazakifuji’.

Key words Branch angle; Growth; Fruit quality; Texture properties; *Malus domestica* Borkh ‘Miyazakifuji’

Received 2020-02-20

Returned 2020-04-28

Foundation item Earmarked Fund for China Agriculture Research System (No. CARS-27); Innovation Project of Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences (No. 2019-3-4-4); Agriculture Key Common Technical Key Project of Hebei Province (No. 18226353).

First author ZHAO Guodong, male, assistant research fellow. Research area: apple cultivation and physiology. E-mail: guodong19823@163.com

Corresponding author ZHANG Xinsheng, male, research fellow. Research area: apple cultivation and physiology. E-mail: zhangxs72@126.com