

DOI:10.11830/ISSN.1000-5013.202201037



杯状树形对番木瓜产量和品质的影响

熊月明¹, 张艳芳¹, 刘友接¹, 黄雄峰¹, 王明元²

(1. 福建省农业科学院 果树研究所, 福建 福州 350013;
2. 华侨大学 化工学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 为延长番木瓜经济栽培寿命,选取‘马来西亚 7 号’、‘红妃’两个番木瓜品种为材料,比较斜拉矮化树形和杯状树形的单株平均产量、单株平均结果数、单果质量、可食率、果实可溶性固形物质量分数、果实维生素 C 质量比、果实氨基酸质量比、果实蛋白质质量比、单株经济效益。结果表明:随着树龄的增长,两个番木瓜品种两种树形的单株平均产量、单株平均结果数和单果质量呈下降趋势;两种树形对单株平均产量、单株平均结果数、果实氨基酸质量比无显著影响;杯状树形能保持与斜拉矮化树形相近的单果质量,提高两个番木瓜品种的果实可食率、果实可溶性固形物质量分数、果实维生素 C 质量比,可能提高‘马来西亚 7 号’的果实蛋白质质量比;杯状树形在斜拉矮化树形 3 a 经济栽培寿命的基础上又延长 3 a 的经济栽培寿命。

关键词: 番木瓜; 杯状树形; 产量; 果实品质; 经济栽培寿命

中图分类号: S 66 文献标志码: A 文章编号: 1000-5013(2022)05-0628-07

Effects of Cup-Shaped Tree Shape on
Yield and Quality of Papaya

XIONG Yueming¹, ZHANG Yanfang¹, LIU Youjie¹,
HUANG Xiongfeng¹, WANG Mingyuan²

(1. Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China;
2. College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In order to prolong economical cultivation life of papaya, two papaya cultivars ‘Malaysia 7’ and ‘Red Lady’ were used as materials to compare average yield per plant, average fruit numbers per plant, average mass of single fruit, edible ratio, mass fraction of soluble solids in fruit, mass ratio of vitamin C in fruit, mass ratio of amino acid in fruit, mass ratio of protein in fruit and economic benefits per plant of slanted-stem tree and cup-shaped tree. The results show that average yield per plant, average fruit numbers per plant and mass of single fruit of two papaya cultivars and two tree shapes appear downside trends with the growth of tree age. There are no significant effect on average yield per plant, average fruit numbers per plant and mass ratio of amino acid in fruit of two tree shapes. Cup-shaped tree shape can sustain similar average single fruit mass with slanted-stem tree shape, and improve edible ratio, mass fraction of soluble solids in fruit, mass ratio of vitamin C in fruit of two papaya cultivars. It may increase mass ratio of protein in fruit of ‘Malaysia 7’. In addition, cup-shaped tree shape extends three years economic cultivation life on the basis of three years economic cultivation life of the slanted-stem tree shape.

收稿日期: 2022-01-03
通信作者: 熊月明(1967-),女,研究员,主要从事番木瓜栽培育种的研究. E-mail:604078135@qq.com.
基金项目: 农业农村部农垦局资源保护项目(151821301354052701-6);福建省省属公益类科研院所基本科研专项(2020R1028007);

Keywords: papaya; cup-shaped tree shape; yield; fruit quality; economical cultivation life

番木瓜(*Carica papaya* L.)为番木瓜科番木瓜属多年生常绿大型肉质草本植物,全球有 60 多个国家种植番木瓜. 番木瓜的果实可作为水果食用,叶片、果实和茎干也可作为药用,深受人们的喜爱. 自 2015 年起,全球番木瓜种植面积和产量呈明显上升趋势,2020 年全世界番木瓜面积和产量分别达到 47 万 hm^2 和 1 395.5 万 $\text{t}^{[1]}$,番木瓜产业具有良好的经济前景. 番木瓜树龄达 20~30 a. 大田种植的番木瓜经济寿命一般只有 3 a^[2],第 3 年果实采收后,砍除植株,重新种植苗木. 随着树龄的增加,树体长高后,根系吸收的营养受到长距离运输的限制,树体受到番木瓜环斑花叶病毒病的危害,第 4 年开始产量慢慢下降,第 6 年几乎没有产量^[3],种植 3 a 后继续种植,不能发挥其种植效益.

对番木瓜园经营而言,延长番木瓜单株的经济栽培寿命,相当于节省苗木和土地成本,是提高经济效益的重要手段之一. 树形是影响其栽培经济表现的重要因素,而番木瓜树形的研究相对较少,生产上常采用斜拉矮化树形. 熊月明等^[4]提出了一种杯状树形,即在斜拉矮化树形的基础上,通过培养番木瓜基部的侧芽形成结果枝的杯状树形,以延长番木瓜的经济寿命. 已有研究表明,树形能影响果树的产量和品质^[5-8]. 本文以两个番木瓜品种(‘马来西亚 7 号’和‘红妃’)为研究对象,研究杯状树形对番木瓜产量和品质的影响.

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验果园位于福建省漳浦县绥安镇罗山村,冬季无霜无冻害,光照充足,土壤为红壤,采用常规栽培进行管理. 以‘马来西亚 7 号’(*Carica papaya* cv. Malaysia 7)和‘红妃’(*C. papaya* cv. Red Lady)两个番木瓜品种为试验材料,选取两个番木瓜品种各 30 株. 供试植株无病虫害、生长势一致. 每年 5 月下旬开始结果,10 月开始采收果实.

1.2 试验设计方法

采用双因素完全随机试验设计,因素 1 为不同番木瓜品种,即‘马来西亚 7 号’、‘红妃’;因素 2 为不同番木瓜树形,即杯状树形和斜拉矮化树形;在单株小区,各杯状树形组合重复 3 次,在试验小区,各杯状树形完全随机排列.

1.3 田间处理方法

2018 年 3 月,植株定植,在株高为 80~100 cm 时,将茎干斜拉 30°~35°(顺着风的方向),使植株矮化,确保植株矮化生长和基部茎干光照充足,5 月下旬开始结果,10 月果实成熟. 2015 年 3 月,植株定植,5 月下旬开始结果,10 月果实成熟. 2017 年,植株在生长期,斜拉矮化树体基部侧芽萌发后,在距离地面 80 cm 的基部留 3 个相互错开的侧芽,其他侧芽全部摘除,让其自然生长,并摘除侧枝上的花芽,培养健壮的侧枝. 2018 年春季,新叶萌发前,砍断植株茎干,基部保留 80 cm,截面涂黄泥巴,用塑料封住. 果园按日常管理要求进行常规管理,保证植株正常生长,形成杯状树形.

1.4 试验指标测定方法

2018—2020 年,连续 3 a 测量两种树形的单株平均产量、单株平均结果数、单果质量、可食率、果实可溶性固形物质量分数、果实维生素 C 质量比、果实氨基酸质量比和果实蛋白质质量比,调查单株经济效益. 在两个小区,从杯状树形植株和斜拉矮化树形植株的每个方向采 5 个果,要求果实无损伤、无病虫害、生长一致.

单株平均产量为每小区番木瓜收获量与番木瓜株数的比值. 单株平均结果数为两个小区所有番木瓜的结果数与番木瓜株数的比值. 单果质量为完全成熟时单个果实的质量. 可食率为去除果皮和种子后的可食部分占整个果实的比例. 单株平均产量、单株平均结果数、单果质量、可食率、果实可溶性固形物质量分数的测定参考 NY/T 691—2018《番木瓜》^[9],采用手持折射仪进行. 果实维生素 C 质量比的测定参考魏长宾^[10]的方法. 果实氨基酸质量比的测定参考 GB 5009. 124—2016《食品中氨基酸的测定》^[11]. 果实蛋白质质量比测定参考 GB 5009. 5—2016《食品中蛋白质的测定》^[12]. 单株经济效益为两个小区收入减去成本后与番木瓜株数的比值.

1.5 统计分析方法

采用 Anova(方差分析)过程作处理效应的 F 测验和采用 Duncan 法(新复极差法)对两个番木瓜品种两种树形作多重比较分析,探讨两个番木瓜品种两种树形的差异的统计学意义.

2 试验结果与分析

2.1 单株平均产量

两个番木瓜品种 2018—2020 年单株平均产量,如表 1 所示.表 1 中:同列不同小写字母表示差异具有统计学意义($P<0.05$,下同),以下各表均与此相同; m 为单株平均产量.由表 1 可知:随着树龄的增长,两个番木瓜品种的单株平均产量均呈下降趋势;‘马来西亚 7 号’杯状树形从 45.0 kg 下降到 34.0 kg,斜拉矮化树形从 48.0 kg 下降到 31.0 kg;‘红妃’杯状树形从 43.0 kg 下降到 33.0 kg,斜拉矮化树形从 45.0 kg 下降到 31.0 kg;同一年份内两个番木瓜品种两种树形的单株平均产量的差异无统计学意义.因此,4~6 a 生的杯状树形的单株平均产量与 1~3 a 生的斜拉矮化树形的单株平均产量相近,采用杯状树形延长番木瓜经济栽培寿命可行.

表 1 两个番木瓜品种 2018—2020 年单株平均产量
Tab.1 Average yield per plant of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (kg)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	m (‘马来西亚 7 号’)	m (‘红妃’)	m (‘马来西亚 7 号’)	m (‘红妃’)	m (‘马来西亚 7 号’)	m (‘红妃’)
杯状	45.0±1.6ab	43.0±0.8b	40.0±2.4ab	38.0±2.2b	34.0±0.08a	33.0±1.6a
斜拉矮化	48.0±1.6a	45.0±1.2ab	43.0±0.8a	42.0±2.4ab	31.0±1.6a	31.0±0.8a

2.2 单株平均结果数

两个番木瓜品种 2018—2020 年单株平均结果数,如表 2 所示.表 2 中: n 为单株平均果数.由表 2 可知:随着树龄的增长,两个番木瓜品种的单株平均结果数均呈下降趋势,‘马来西亚 7 号’杯状树形从 75.0 个降到 63.0 个,斜拉矮化树形从 74.0 个降到 59.0 个;‘红妃’杯状树形从 72.0 个降到 57.0 个,斜拉矮化树形从 75.0 个降到 53.0 个;同一年内两个番木瓜品种两种树形的单株平均结果数的差异无统计学意义.因此,4~6 a 生的杯状树形与 1~3 a 生的斜拉树形单株平均结果数的变化一致.2020 年,‘马来西亚 7 号’两种树形的单株平均结果数显著高于‘红妃’,这可能与品种特性有关.

表 2 两个番木瓜品种 2018—2020 年单株平均结果数
Tab.2 Average fruit numbers per plant of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (个)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	n (‘马来西亚 7 号’)	n (‘红妃’)	n (‘马来西亚 7 号’)	n (‘红妃’)	n (‘马来西亚 7 号’)	n (‘红妃’)
杯状	75.0±1.6a	72.0±1.6a	59.0±15.6a	67.0±0.8a	63.0±2.4a	57.0±1.6bc
斜拉矮化	74.0±1.6a	75.0±0.8a	70.0±2.4a	64.7±2.5a	59.0±1.6ab	53.0±2.4c

2.3 单果质量

两个番木瓜品种 2018—2020 年单果质量,如表 3 所示.表 3 中: m_s 为单果质量.由表 3 可知:随着树龄的增长,两个番木瓜品种的单果质量均呈下降趋势;‘马来西亚 7 号’杯状树形从 600.0 g 下降到 540.0 g,斜拉矮化树形从 648.0 g 下降到 522.0 g;‘红妃’杯状树形从 590.0 g 下降到 500.0 g,斜拉矮化树形从 600.0 g 下降到 575.0 g;2018 年,2019 年,‘马来西亚 7 号’斜拉矮化树形的单果质量显著高于杯状树形的单果质量,‘红妃’在两种树形下的单果质量的差异无统计学意义,2020 年,‘红妃’斜拉矮化树形的单果质量比杯状树形有显著提高.‘马来西亚 7 号’在两种树形下的单果质量的差异无统计学意义.因此,单果质量的变化与树龄和品种相关.

表 3 两个番木瓜品种 2018—2020 年单果质量
Tab.3 Mass of single fruit of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (g)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	m_s (‘马来西亚 7 号’)	m_s (‘红妃’)	m_s (‘马来西亚 7 号’)	m_s (‘红妃’)	m_s (‘马来西亚 7 号’)	m_s (‘红妃’)
杯状	600.0±16.3b	590.0±12.2b	578.0±9.8b	566.0±8.2b	540.0±9.8b	500.0±4.1c
斜拉矮化	648.0±2.4a	600.0±4.1b	615.0±12.2a	590.0±7.3ab	522.0±15.5bc	575.0±16.3a

2.4 可食率

两个番木瓜品种 2018—2020 年可食率,如表 4 所示.表 4 中: η 为可食率.由表 4 可知:2018 年,‘马来西亚 7 号’与‘红妃’在两种树形下的果实可食率的差异无统计学意义;2020 年,‘马来西亚 7 号’两种树形的可食率的差异无统计学意义,‘红妃’杯状树形的可食率显著高于斜拉矮化树形的可食率;2019 年,2020 年,‘红妃’两种树形的可食率显著高于‘马来西亚 7 号’的可食率.

因此,树形对‘马来西亚 7 号’果实可食率没有影响,但杯状树形后期能增加‘红妃’果实可食率.

表 4 两个番木瓜品种 2018—2020 年可食率
Tab. 4 Edible ratio of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (%)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	η (‘马来西亚 7 号’)	η (‘红妃’)	η (‘马来西亚 7 号’)	η (‘红妃’)	η (‘马来西亚 7 号’)	η (‘红妃’)
杯状	69.5±0.9a	73.7±1.3a	71.9±1.2b	73.9±0.2a	68.3±0.9b	73.3±0.7a
斜拉矮化	73.3±1.8a	76.0±1.4a	70.5±0.7b	75.6±0.9a	68.5±1.1b	70.7±1.3b

2.5 果实可溶性固形物质量分数

两个番木瓜品种 2018—2020 年果实可溶性固形物质量分数,如表 5 所示.表 5 中: w_s 为果实可溶性固形物质量分数.由表 5 可知:随着树龄的增长,对于杯状树形,两个番木瓜品种的果实可溶性固形物质量比呈逐渐下降趋势,‘马来西亚 7 号’从 12.5%下降到 11.9%,‘红妃’从 12.6%下降到 11.8%;对于斜拉矮化树形,两个番木瓜品种的果实可溶性质量比在 2019 年达到高峰,2020 年又下降;2018 年,两个番木瓜品种杯状树形的果实可溶性固形物质量比显著高于斜拉矮化树形,2019 年,2020 年,两个番木瓜品种两种树形的果实可溶性固形质量比的差异无统计学意义.

因此,4 a 生杯状树形树的果实可溶性固形物质量分数高于 1 a 生斜拉矮化树,可能与杯状树形及光照有关.

表 5 两个番木瓜品种 2018—2020 年果实可溶性固形物质量分数
Tab. 5 Mass fraction of soluble solids in fruit of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (%)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	w_s (‘马来西亚 7 号’)	w_s (‘红妃’)	w_s (‘马来西亚 7 号’)	w_s (‘红妃’)	w_s (‘马来西亚 7 号’)	w_s (‘红妃’)
杯状	12.5±0.2a	12.6±0.2a	12.2±0.1a	12.0±0.4a	11.9±0.1a	11.8±0.2a
斜拉矮化	11.5±0.3b	11.4±0.1b	12.0±0.2a	11.9±0.2a	11.6±0.1a	11.8±0.2a

2.6 果实维生素 C 质量比

两个番木瓜品种 2018—2020 年果实维生素 C 质量比,如表 6 所示.表 6 中: w_c 为果实维生素 C 质量比.由表 6 可知:两个番木瓜品种两种树形的果实维生素 C 质量比在 2019 年达到最高,2020 年又下降;2018 年,两个番木瓜品种杯状树形的果实维生素 C 质量比显著高于斜拉矮化树形;2019,2020 年两个番木瓜品种两种树形的果实维生素 C 的差异无统计学意义.

因此,4 a 生的杯状树形由基部侧芽培养形成,光照好、光合作用强,有利于果实营养的积累,从而提高果实品质.

表 6 两个番木瓜品种 2018—2020 年果实维生素 C 质量比
Tab. 6 Mass ratio of vitamin C in fruit of two papaya cultivars from 2018 to 2020 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	w_c (‘马来西亚 7 号’)	w_c (‘红妃’)	w_c (‘马来西亚 7 号’)	w_c (‘红妃’)	w_c (‘马来西亚 7 号’)	w_c (‘红妃’)
杯状	690.0±1.6a	694.0±0.8a	702.0±1.0a	698.0±1.6a	690.0±0.2a	688.0±0.7a
斜拉矮化	663.0±0.2b	641.0±0.8c	682.0±1.0a	700.0±1.6a	688.0±0.8a	685.0±1.6a

2.7 果实氨基酸质量比

两个番木瓜品种 2018—2020 年果实氨基酸质量比,如表 7 所示.表 7 中: w_A 为果实氨基酸质量比.由表 7 可知:随着树龄的增长,两个番木瓜品种两种树形的果实氨基酸质量比在 2020 年达到最高,‘马来西亚 7 号’果实氨基酸质量比达到 $295.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,‘红妃’高达 $288 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

因此,连续 3 a 内,两个番木瓜品种杯状树形的果实氨基酸质量比与斜拉矮化树形的差异无统计学意义,表明树形对果实氨基酸质量比影响较小.

表 7 两个番木瓜品种 2018—2020 年果实氨基酸质量比
Tab. 7 Mass ratio of amino acid in fruit of two papaya cultivars from 2018 to 2020 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	w_{A} (‘马来西亚 7 号’)	w_{A} (‘红妃’)	w_{A} (‘马来西亚 7 号’)	w_{A} (‘红妃’)	w_{A} (‘马来西亚 7 号’)	w_{A} (‘红妃’)
杯状	284.7±0.6a	280.0±0.8a	277.3±0.6a	270.0±0.4a	291.0±0.8ab	288.0±0.8ab
斜拉矮化	280.7±0.7a	273.7±0.6a	265.7±0.4a	263.7±0.5a	295.3±0.7a	281.7±0.9b

2.8 果实蛋白质质量比

两个番木瓜品种 2018—2020 年果实蛋白质质量比,如表 8 所示.表 8 中: w_{P} 为果实蛋白质质量比.由图 8 可知:两个番木瓜品种 2019 年的果实蛋白质质量比最高,‘马来西亚 7 号’果实蛋白质质量比达到 $234.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,‘红妃’高达 $228.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$;2018 年,两个番木瓜品种两种树形的果实蛋白质质量比的差异无统计学意义;2019 年,‘马来西亚 7 号’杯状树形的果实蛋白质质量比显著高于斜拉矮化树形,‘红妃’杯状树形的果实蛋白质质量比与斜拉矮化树形的差异无统计学意义.因此,杯状树形在经济寿命期内对‘马来西亚 7 号’的影响较大,可能会提高‘马来西亚 7 号’的果实蛋白质质量比.

表 8 两个番木瓜品种 2018—2020 年果实蛋白质质量比
Tab. 8 Mass ratio of protein in fruit of two papaya cultivars from 2018 to 2020 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	w_{P} (‘马来西亚 7 号’)	w_{P} (‘红妃’)	w_{P} (‘马来西亚 7 号’)	w_{P} (‘红妃’)	w_{P} (‘马来西亚 7 号’)	w_{P} (‘红妃’)
杯状	226.3±0.6a	224.3±1.1a	234.7±0.4a	228.7±0.7a	229.3±0.8a	209.3±0.6b
斜拉矮化	209.0±0.2a	210.7±1.0a	212.7±0.4b	224.0±0.5ab	218.0±0.8ab	207.3±0.7b

2.9 单株经济效益

两个番木瓜品种 2018—2020 年单株经济效益,如表 9 所示.表 9 中:S 为单株经济效益;2018,2020 年果实收购价为 $2.00 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$,2019 年果实收购价为 $2.20 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$.由表 9 可知:2018 年,两个番木瓜品种两种树形的株经济效益的差异无统计学意义;2019 年,两个番木瓜品种斜拉矮化树形的株经济效益显著高于杯状树形;2020 年两个番木瓜品种杯状树形的株经济效益显著高于斜拉矮化树形.因此,4 a 生的杯状树形的经济效益与 1 a 生的斜拉矮化树形的经济效益相当,6 a 生的杯状树形的经济效益比 3 a 生的斜拉矮化树形的经济效益好,采用杯状树形延长番木瓜经济栽培寿命是有效的.

表 9 两个番木瓜品种 2018—2020 年株经济效益
Tab. 9 Economic benefit per plant of two papaya cultivars from 2018 to 2020 (元)

树形	2018 年		2019 年		2020 年	
	S(‘马来西亚 7 号’)	S(‘红妃’)	S(‘马来西亚 7 号’)	S(‘红妃’)	S(‘马来西亚 7 号’)	S(‘红妃’)
杯状	90.0±1.6a	93.0±1.63a	88.0±2.4bc	84.0±3.3c	68.0±2.4a	69.0±2.4a
斜拉矮化	96.0±4.9a	90.0±2.4a	98.0±2.2a	92.0±3.3b	62.0±0.8b	62.0±1.6b

3 讨论

单株平均产量与果树经济效益密切相关^[13],随着树龄的增长,两个番木瓜品种两种树形的单株平均产量均呈显著下降趋势.杯状树形的单株产量与斜拉矮化树形的单株产量相当,也表明在相同的栽培管理条件下,杯状树形在斜拉矮化树形 3 a 经济栽培寿命的基础上,能再保持 3 a 的产量.因此,采用杯状树形延长番木瓜经济栽培寿命可行.

单株平均结果数影响单株平均产量^[13].单株平均结果数随着树龄的增长呈下降趋势,同一年内,两个番木瓜品种两种树形的单株平均结果数的差异无统计学意义,这表明两种树形单株平均结果数的变化一致,主要与树龄有关,树形对其无影响.在相同的栽培管理条件下,杯状树形在矮化树形 3 a 经济栽培寿命的基础上,能再保持 3 a 的结果能力.熊月明等^[14]比较了自然生长状态下的‘马来西亚 7 号’和‘红妃’的株结果数,分别为 48 个和 43 个,试验的两种树形都能提高单株平均结果数.因此,优化树形是番木瓜栽培管理过程中的重要技术手段.2020 年,‘马来西亚 7 号’两种树形的单株平均结果数显著高于‘红妃’,这可能与品种特性有关.

单果质量是果实品质的重要指标.‘马来西亚 7 号’斜拉矮化树形的单果质量显著高于杯状树形,两

种树形中‘马来西亚 7 号’的单果质量高于‘红妃’. 熊月明等^[14]比较了自然生长状态下的‘马来西亚 7 号’和‘红妃’的单果质量, ‘马来西亚 7 号’的单果质量高于‘红妃’. 文中研究的结果与熊月明等^[14]的研究结果一致. 因此, 单果质量的变化主要与树龄和品种相关, 在一定程度上也受树形影响.

可食率反映果实可食部分在整个果实中的占比. 在 2020 年, 采用‘红妃’杯状树形的可食率显著高于斜拉矮化树形, ‘马来西亚 7 号’两种树形没有差别, 可能与品种的特性有关.

果实可溶性固形物质量分数是评价果实品质的常用指标. 2018 年, 两个番木瓜品种杯状树形的果实可溶性固形物质量分数显著高于斜拉矮化树形. 2019—2020 年, 两个番木瓜品种两种树形的果实可溶性固形物质量分数的差异无统计学意义. 4 a 生杯状树形树的果实可溶性固形物质量分数高于 1 a 生斜拉矮化树, 可能与杯状树形形状有关, 早期杯状树形均匀分布, 良好的光照分布能提高果实的可溶性固形物质量分数^[15-20], 文中研究的结果与上述研究一致. 但是随着树龄的增长, 两种树形的果实可溶性固形物质量分数的差异无统计学意义, 可能是由于随着树龄的增长, 树冠的枝条和叶片变得密集, 影响了光照, 最终影响果实内在品质. 熊月明等^[14]比较自然生长状态下的‘马来西亚 7 号’和‘红妃’的果实可溶性固形物质量分数, 分别为 11.7% 和 11.5%. 文中‘马来西亚 7 号’和‘红妃’杯状树形的可溶性固形物质量分数均高于自然生长状态. 因此, 杯状树形可能提高番木瓜果实的可溶性固形物质量分数.

果实维生素 C 质量比是果实品质的重要指标之一^[21-23]. 与光照有着密切的关系, 良好的光照能提高果实维生素 C 的质量比^[24-25]. 2018 年, 两个番木瓜品种杯状树形的果实维生素 C 质量比显著高于斜拉矮化树形. 此时, 基部侧芽培养杯状树形形成, 光照好, 光合作用强, 有利于果实营养的积累, 这与何春丽等^[26]结论基本相同, 树体相对矮化, 树体营养更集中. 随着树龄的增长, 树冠叶片密集, 影响光照, 2019—2020 年, 两个番木瓜品种两种树形的果实维生素 C 质量比的差异无统计学意义. 杯状树形后期要进行疏叶等栽培技术处理, 让光照均匀照射, 保证良好果实品质.

果实蛋白质质量比和氨基酸质量比是衡量果实品质的指标之一. 随着树龄的增长, 两个番木瓜品种两种树形的氨基酸质量比在 2020 年达到最高, 说明两种树形均能提高果实的氨基酸质量比. 两个番木瓜品种杯状树形的果实氨基酸质量比的差异无统计学意义, 表明树形对果实氨基酸质量比影响较小. 两种树形对果实蛋白质质量比影响也不大, 2020 年, 对于杯状树形, ‘马来西亚 7 号’的果实蛋白质质量比显著高于‘红妃’, 可能是杯状树形在经济栽培寿命期内对‘马来西亚 7 号’的影响较大.

2018 年, 两个番木瓜品种两种树形的株经济效益的差异无统计学意义, 2020 年, ‘马来西亚 7 号’和‘红妃’的杯状树形株经济效益显著高于斜拉矮化树形, 杯状树形有可能有提高株经济效的作用. 在投资成本方面, 对照植株是小苗种植, 每株成本 10 元, 每亩增加成本 1 200 元, 培养杯状树形与种植苗木人工成本每亩少 500 元, 两项加起来每亩节省成本 1 700 元.

4 结束语

为了节省成本及人力, 番木瓜种植到第 3 年时, 培养杯状树形. 杯状树形与斜拉矮化树形有相近的产量和纯收入、近似的果实品质, 但比斜拉矮化树形延长了番木瓜经济栽培 3 a 寿命, 从而降低了生命周期内的生产成本, 进而提高了经济效益. 在番木瓜栽培创新技术中, 通过对树形的培养, 形成通风透光好, 结果部位低, 根系吸收的营养运输距离近的改良树形, 为番木瓜健康发展提供技术保障. 通过该树形, 一次种植番木瓜, 经济栽培寿命可达 6 a, 既提高了番木瓜栽培种植有效时间, 又降低了一次种植成本, 继而提高了经济效益.

参考文献:

[1] 联合国及农业组织. 联合国粮农组织统计资料[EB/OL]. (2021-12-31)[2022-01-02]. <http://www.fao.org/statistics/zh/>.

[2] 熊月明, 刘友接, 林燕金. 番木瓜栽培及利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.

[3] 邓海燕, 梁桂东, 黄黎芳, 等. 红肉火龙果周年生长节律与一年三茬(熟)栽培技术[J]. 中国南方果树, 2020, 49(3): 49-56. DOI:10.13938/j.issn.1007-1431.20200129.

[4] 熊月明, 胡润芳, 刘友接, 等. 一种提高番木瓜种植经济效益的栽培模式: 2018108063420[P]. 2018-11-30.

[5] LAL S,SHARMA O C,SINGH D B. Effect of tree architecture on fruit quality and yield attributes of nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) cv. Fantasia under temperate condition[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2017,87(8):1008-1012.

[6] WEN Yue,ZHANG Yunqi,SU Shuchai,*et al*. Effects of tree shape on the microclimate and fruit quality parameters of *Camellia oleifera* Abel[J]. Forests,2019,10(7):563. DOI:10. 3390/f10070563.

[7] GONG Yan,YANG Youting,ZHOU Zhiyang,*et al*. Effects of different canopy and tree shape on fruit quality of Huangguogan[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science,2020,474(3):032005. DOI:10. 1088/1755-1315/474/3/032005.

[8] LORDAN J,GOMEZ M,FRANCESCATTO P,*et al*. Long-term effects of tree density and tree shape on apple orchard performance, a 20 year study-part 2, economic analysis[J]. Scientia Horticulturae,2019,244:435-444. DOI:10. 1016/j. scienta. 2018. 03. 031.

[9] 农业农村部亚热带果品蔬菜质量监督检验测试中心. 番木瓜: NY/T 691—2018[S]. 北京:中国农业出版社,2019.

[10] 魏长宾. 热带水果品质分析实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2017.

[11] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食品中氨基酸的测定: GB 5009. 124—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会国家食品药品监督管理总局. 食品中蛋白质的测定: GB 5009. 5—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[13] 解开治,徐培智,陈建生,等. 番木瓜对不同施肥模式的响应及经济效益分析[J]. 中国农学通报,2012,28(4):259-262. DOI:10. 3969/j. issn. 1000-6850. 2012. 04. 0480.

[14] 熊月明,刘友接,黄雄峰. 68 份番木瓜品种资源的主要特征及评价[J]. 中国果树,2019(2):83-88. DOI:10. 16626/j. cnki. issn1000-8047. 2019. 02. 022.

[15] 刘曼曼,廖康,成小龙,等. ‘库尔勒香梨’冠层内光照分布与产量品质关系研究[J]. 北方园艺,2014(16):20-24.

[16] 张秀美,王宏,刘志,等. ‘岳帅’苹果不同负载量光照分布与果实品质的关系[J]. 果树学报,2017,34(11):1408-1414. DOI:10. 13925/j. cnki. gsxb. 20170014.

[17] 岳玉苓,魏钦平,张继祥,等. 黄金梨棚架树体结构相对光照强度与果实品质的关系[J]. 园艺学报,2008,35(50):625-630. DOI:10. 3321/j. issn:0513-353X. 2008. 05. 001.

[18] 胡德玉,邓烈,刘雪峰,等. 脐橙植株冠层光照、叶片营养及果实品质的空间分布研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2016,38(6):7-14. DOI:10. 13718/j. cnki. xdzk. 2016. 06. 002.

[19] 何凤梨,王飞,魏钦平,等. 桃树冠层相对光照分布与果实产量品质关系的研究[J]. 中国农业科学,2008,41(2):502-507.

[20] 陈江,张凯丽,张琦. 香梨冠内光照分布及其果实品质的测定[J]. 北方园艺,2015(21):11-14. DOI:10. 11937/bfyy. 201521003.

[21] CABRERA J A,RITTER A,RAYA V,*et al*. Papaya (*Carica papaya* L.) phenology under different agronomic conditions in the subtropics[J]. Agriculture,2021,11(2):173. DOI:10. 3390/agriculture11020173.

[22] 郭子娟,曾凤,李雯. 外源乙烯对“橡皮化”番木瓜果实品质及软化的影响[J]. 热带生物学报,2016,7(2):215-219. DOI:10. 15886/j. cnki. rdswnb. 2016. 02. 013.

[23] 何应对,井涛,王丽霞,等. 番木瓜贮藏期果实品质及果皮色素的变化[J]. 热带生物学报,2016,7(3):332-337. DOI:10. 15886/j. cnki. rdswnb. 2016. 03. 009.

[24] 赵玉萍,邹志荣,杨振超,等. 不同温度和光照对温室番茄光合作用及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(5):125-130. DOI:10. 13207/j. cnki. jnwafu. 2010. 05. 025.

[25] 杨淑艳,李井会,朱丽丽. 光照强度对干辣椒果实品质的影响[J]. 北方园艺,2009(2):65-67.

[26] 何春丽,樊卫国. 遮光对刺梨果实和叶片中维生素 C 与糖含量以及相关酶活性的影响[J]. 西北植物学报,2020,40(12):2081-2092. DOI:10. 7606/j. issn. 1000-4025. 2020. 12. 2081.

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)